técnica

336 associação dos estudantes do instituto superior
março 1964 revista de engen

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

SEDE

Rua de Alexandre Herculano, 244 — PORTO

TELEFONES: 2 76 76 / 77 / 78 / 79 — Est. 90

DELEGAÇÃO

Rua Rosa Araújo, 35 — LISBOA

TEL.: 73 11 81/82/83/84/85/86 - 73 33 33 - 48 49 1

●

ELECTRICIDADE DO LINDOSO E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

●

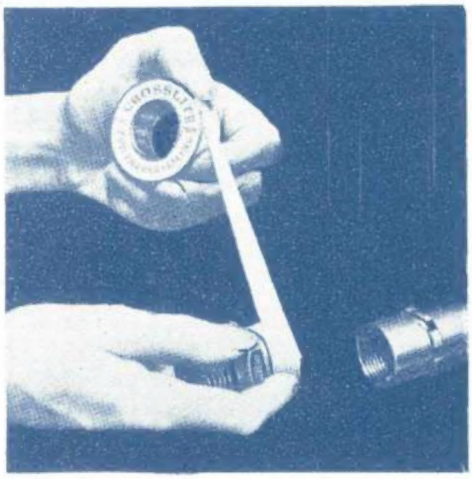
A **UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA** distribui, pela mais extensa rede de alta tensão em Portugal (cerca de 2 500 km), energia eléctrica em 70 concelhos, nos distritos de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU, LEIRIA, SETÚBAL e ÉVORA.

TEM CANALISAÇÕES DE VAPOR NA SUA FÁBRICA ?
TEM TRANSPORTE DE GASES ?
TEM TRANSPORTE DE FLUÍDOS CORROSIVOS ?

Então tem problemas nas tubagens:

1 — Fugas 2 — Corrosão 3 — Calcinação das juntas

AO SEU SERVIÇO — a última conquista da química neste sector:



1 bobine: ca. 14 mts. comprimento
ca. 1,3 cm. largura

CROSSLITE — Fita vedante para ligações tubulares à base de Polytetrafluoreto de Etilene

- Adesão e cobertura perfeita de todas as irregularidades da rosca.
- Insolúvel e **absolutamente inerte** ao ataque químico de qualquer substância.
- Não contamina as substâncias em processo através da tubagem.
- Resiste a temperaturas de — 100º C a + 300º C.
- Preserva impecàvelmente o sistema roscado ao fim de meses ou anos de trabalho.

Um produto de

HENRY CROSSLEY LTD. — Bolton — ENGLAND

Todos os acessórios para vedação

Representante exclusivo:

SIDROL — Sociedade Importadora de Drogas, Lda.
Calçada de Monchique n.º 3 — PORTO — Telefs. 27826 e 32055

TÉCNICA

Ano XXXVIII - N.º 336 Março de 1964

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-1. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
J. M. VIEGAS GONÇALVES
ADMINISTRADOR
J. F. GOMES DE PINA
SECRETÁRIO
F. G. KNOPFLI BATORÉU
REDACTORES
L. M. C. BARBOSA COLEN
H. L. GIRÃO PINA

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA MENSAL

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	60$00	110$00
Ultramar Português e Espanha	—	85$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

NUMERO AVULSO 15$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — BARRAGEM DA BEMPOSTA — Barragem e bacia de dissipação numa fase de construção. — Hidro Eléctrica do Douro

Págs.

Como calculam os computadores digitais. A logística
Por Gustavo de Castro 353

Abacos para o cálculo de esforços de rotura de secções rectangulares de betão armado
Por João d'Arga e Lima e Vítor Manuel Monteiro 365

Características essenciais dos tubos de polietíleno para transporte de fluidos
Por Fernando Moura Leal 375

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional** 388

Novos domínios das técnicas de compactação e estabilização dos solos
Por José Carlos C. da Silva Pereira 389

Medição de potência em corrente alternada utilizando um osciloscópio 401

Biblioteca 407

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

	Pág.
A	
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd.	XXXVI
Araldite	XLIV
Asea Eléctrica Ld.ª	XVIII
Auto-Lusitânie	XXXII
B	
B. P.	XII
C	
CIDEX	IV
CIDLA	XXXIII
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos	IX
Companhia Portuguesa de Trefilaria	XVIII
Companhia União Fabril	XIV
C. Santos, Ltd.ª	VI e XXXIV
Crosslite	2.ª da capa
E	
Electro-Arco, Ltd.ª	IV
Empresa de Cimentos de Leiria	XXXVIII
Empresa Electro Cerâmica	XLI
Empresa de Produtos Asfálticos	X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XXX
F	
Fábrica Portugal	II
Fanafel	XVI
Fundações Franki, Lda.	I
I	
Iberex	XXXI
I. C. I.	XXXVII
Impermeábilis	XXX
I. S. T.	XLIV
Isola	XXXV
J	
Jayme da Costa, Lda	XIX
Johann Keller	XXXII
L	
Leopoldo Shiroi	XXXV
M	Pág.
MAGUE	XIII
Metalúrgica Duarte Ferreira	XXVIII
Mobil Oil Portuguesa	4.ª da capa
Modern Office	XLIIII
Monteiro Gomes, Lda.	XLII
N	
Novobra, Lda.	XVIII
O	
Orlando Fernandes	XVI
P	
Papelaria Fernandes	XLV
Philips	XX
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª	III
Q	
Quimicor, S.A R.L.	XXIX
S	
Scial	XXXIX
Siemens	XV
SMEIA	XXVII
Sociedade Portuguesa Cavan	VIII
Soc. Electron	XXX e XXXII
Sondagens e Fundações, A Cavaco	IV
Sondagens Ródio, Ltd.ª	XXXV
Sorval	XLVII
Standard Eléctrica	VII
S. T. E. T.	XXI
T	
Telemec	XLIII
Torrens	XLVI
U	
União Eléctrica Portuguesa	2.ª da capa
V	
Vasco Pessoa, Lda.	XVIII
Von Roll	V
W	
Wild Portugal, Lda.	XXIX
W. Schmidt	XLI

Montepio de Moçambique — Lourenço Marques

Assente sobre
ESTACAS FRANKI

FUNDAÇÕES FRANKI, L.DA

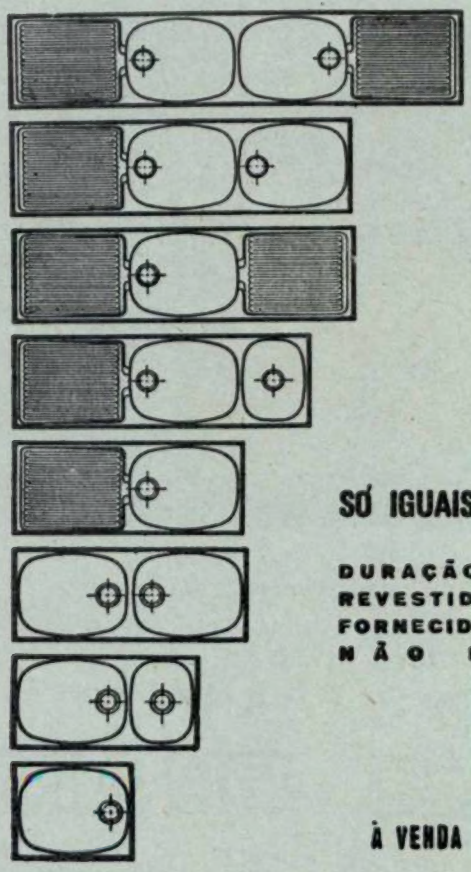
Rua Braamcamp, 13, 3.º LISBOA 1 Telefone 73 41 12 3 linhas

USE NA SUA COZINHA UM ELEGANTE LAVA-LOUÇAS DE AÇO INOXIDÁVEL

CONCEBIDO PELA

FABRICA PORTUGAL

PARA MODERNIZAR OS LARES DE PORTUGAL



APRESENTADOS EM

8 MODELOS

"STANDARD"

EXECUTAM-SE FORA DE SÉRIE, MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES

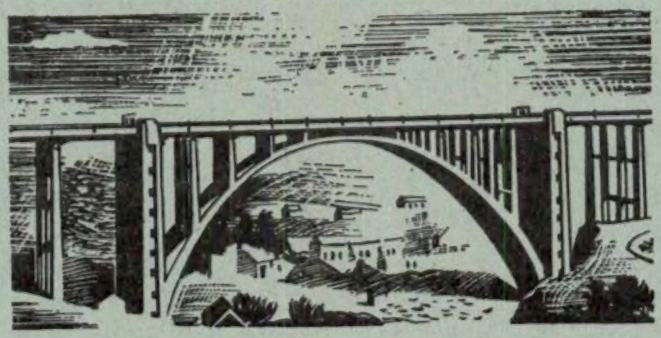
SÓ IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

DURAÇÃO ILIMITADA • HIGIÉNICOS
REVESTIDOS DE ISOLAMENTO ESPECIAL
FORNECIDOS COM SIFÃO DE SEGURANÇA
NÃO PARTEM A LOUÇA

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS AO SERVIÇO DA ENGENHARIA PORTUGUESA



GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

RUA JARDIM DO REGEDOR, 24, 2.º
LISBOA
TELEF.: 32 43 14 — 32 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

Bombas centrífugas «PACIFIC»

Construídas por

Batignolles - Chatillon

Especialmente destinadas para:

- Petróleos
- Indústrias químicas
- Construções navais
- Centrais eléctricas
- Alimentação de caldeiras
- Etc., etc.

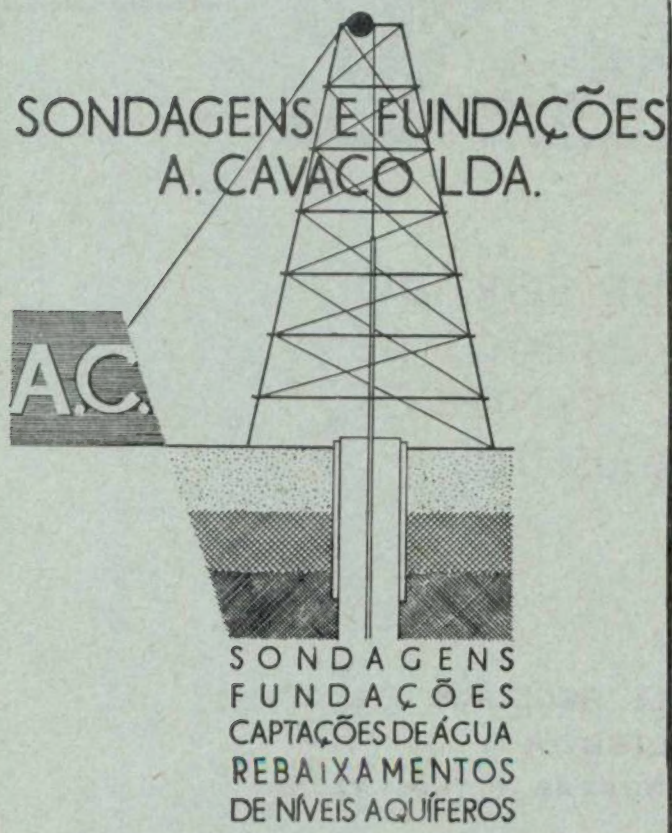
Sob as condições de funcionamento seguintes:

- Débitos: 1 m³/h a 10.000 m³/h
- Pressões: altas e baixas
- Temperaturas: −180° C + 500° C
- Líquidos: corrosivos ou não

Para estudos e orçamentos, consultar o representante em Portugal:

CIDEX — Comércio Internacional
e Representações Industriais, Lda.

Av. Casal Ribeiro, 46-2.°/Telef. 73 53 07/LISBOA 1



RUA RODRIGO DA FONSECA 62 R/C • LISBOA
TELEF. 53873-45451-57751-59562

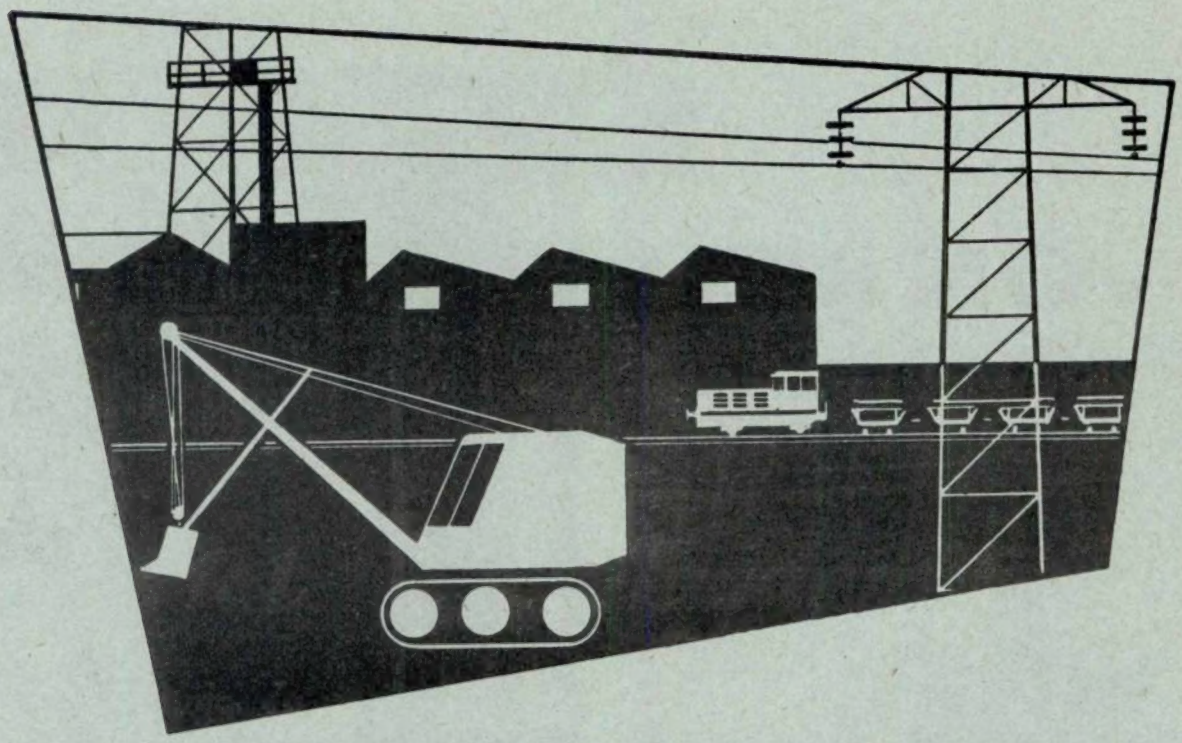
ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

VON ROLL
Máquinas
para as indústrias
de produtos
químicos,
alimentares
e cerâmicos
aço esmaltado
fundição
esmaltada
Fábricas de Klus (Suiça)
VON ROLL S.A.
Representantes
em Portugal:
Socotel, L. da
Rua de
Sá da Bandeira,
651-4.º Esq.
Porto-Tel. 27013



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS. ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

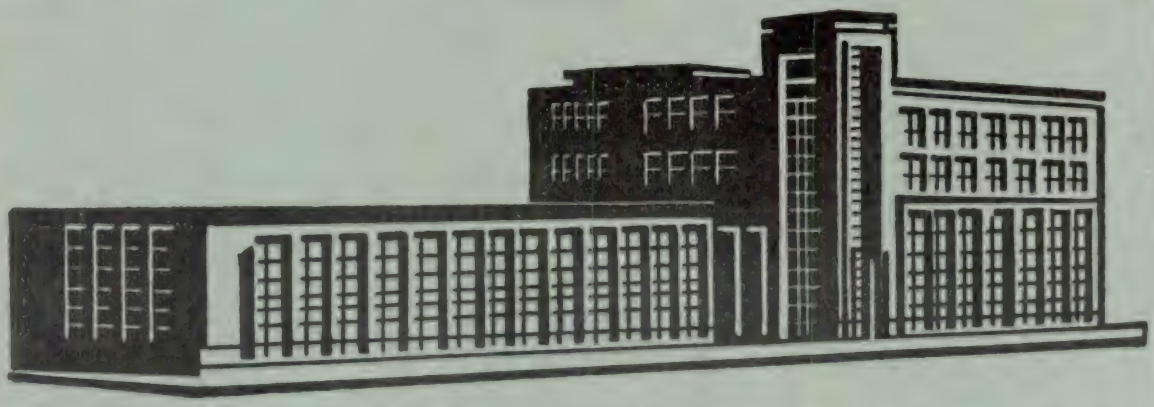
MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS, S. A. R. L. — DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO



Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

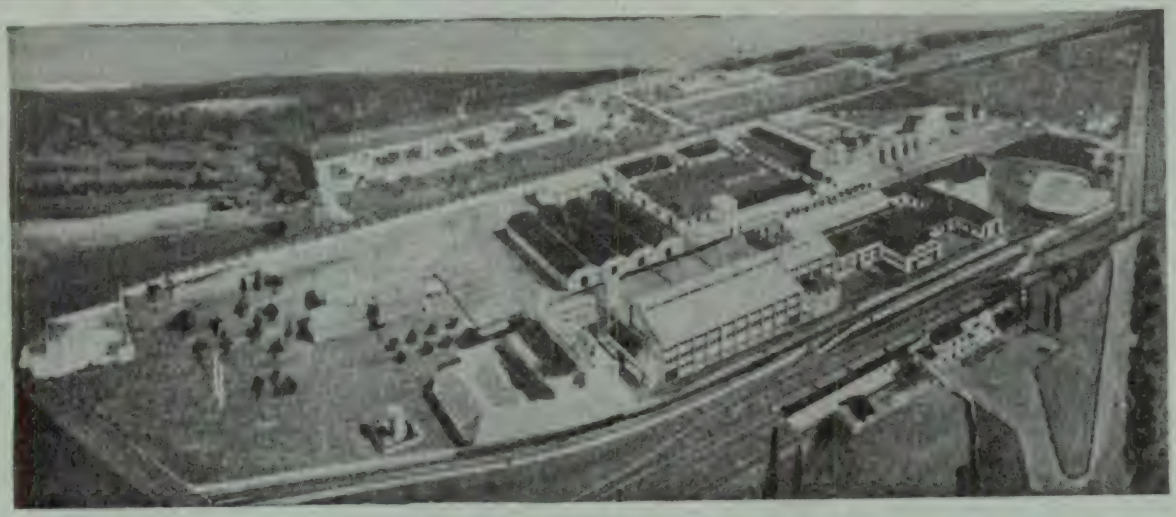
✱

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

✱

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A
TELEF. 47812-50129
LISBOA



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CÁLCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 6 72 22

SEDE
Largo de S. Carlos, 4 2.º — LISBOA
Telefones 32 53 43 - 3 55 56 - 36 89 89

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. • RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.° • TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

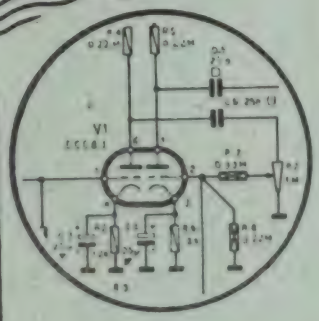
TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

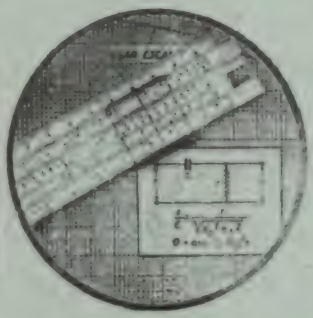
EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º - LISBOA

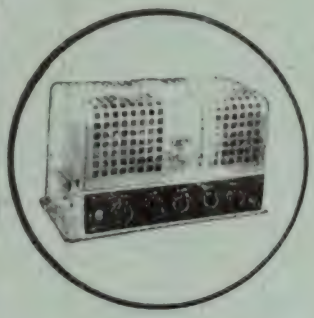
FÁBRICA EM SACAVÉM

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE SOM

BEM CONCEBID
CALCULAD
CONSTRUID







LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua Sá da Bandeira, 766-1.º E.
Tel. 2 48 18 — PORTO

UM ÓLEO INTEIRAMENTE *NOVO* ESTUDADO PELA BP
PARA COMODIDADE DOS AUTOMOBILISTAS

DUPLICA O PERÍODO ENTRE MUDANÇAS DE ÓLEO
NO MÁXIMO DE UM ANO OU 15.000 QUILÓMETROS

TÉCNICA

DIRECTOR: J. M. VIEGAS GONÇALVES ADMINISTRADOR: J. F. GOMES DE PINA
SECRETÁRIO: F. G. KNOPFLI BATORÉU

Ano XXXIX — N.º 336 Março de 1964

C. D. U. 511.11/12:681.14

COMO CALCULAM OS COMPUTADORES DIGITAIS. A LOGÍSTICA

POR GUSTAVO DE CASTRO
Matemático (L. N. E. C.)

O QUE É A LOGÍSTICA. Os gregos usaram o termo logística para significar a arte de calcular, em oposição ao termo aritmética que era a ciência dos números. Actualmente aritmética é antes a codificação e a explanação das regras do cômputo, e chama-se antes teoria dos números à difícil disciplina que estuda as propriedades dos inteiros, que tanto atraem os adeptos da numerologia como as mais robustas inteligências — de que Gauss, chamado o Príncipe dos Matemáticos, é só o mais preclaro exemplo. Esta parte do escrito ocupa-se das regras de cômputo e para situar o assunto vão fazer-se umas considerações iniciais.

Na evolução da logística distinguiremos três períodos: o primeiro é dominado pela introdução do que chamaremos o *princípio do escambo;* o segundo é o dos *algarismos;* o terceiro, o do *sistema binário.*

O terceiro período, que é o dos computadores electrónicos, pode datar-se do verão de 1945. A *Moore School of Engineering,* da Universidade de Pensilvania, promoveu então uma reunião das várias pessoas interessadas na criação dos computadores em que João von Neumann advogou a adopção do sistema binário (cujas vantagens Leibniz exaltara e que, como mostrarei, está envolvido nos algoritmos desde os egípcios).

Já não é tão fácil fixar uma data para adopção dos algarismos nas práticas europeias.

É geralmente aceite, embora com alguma contestação, que os sinais da nossa numeração vieram da Índia. De qualquer maneira, os sinais indús atingiram Bagdad onde, por volta de 825, al-Quarismi escreveu sobre eles um livro que seria traduzido para latim com o título *Liber Algorismi de Numero Indorum.* A tradução é provàvelmente de Adelardo de Bath datando das vizinhanças de 1120.

Os sinais da nossa numeração não vêm porém desta obra, mas o seu nome sim; o *Livro de Algarismo* passou a ser um livro de algarismos. Os algarismos (sem o zero) foram seguramente ensinados por Gerberto de Aurillac, que seria mais tarde o Papa Silvestre II (999), e encontram-se num manúscrito espanhol de 976; são provenientes de uma possível variante árabe dos sinais indús cuja designação (al-gobar) recorda a areia dos ábacos em que se faziam as contas. De qualquer maneira, estes sinais devem a sua fortuna à invenção do zero que lhes foi posteriormente acrescentado, invenção seguramente indú cujo nome deu *sifr* em árabe, etc. Só, porém, no século XVIII os algarismos substituiram em todos os cálculos a numeração romana, embora fossem bastante conhecidos desde 1200. Podemos, portanto, atribuir às vizinhanças do ano 1000, ou a qualquer data posterior mais do nosso agrado, o começo do segundo período.

O primeiro período, mais importante, mais

longo e o mais mal conhecido, tem a sua origem escondida na noite dos tempos. Para a sua caracterização esclareçamos o que chamámos o princípio do escambo.

Escambo é uma palavra do português antigo significando câmbio, troca de moedas. Sem insistir na plausibilidade da hipótese que põe nos sistemas monetários a origem dos sistemas de numeração, reconheça-se que todas as numerações — antigas (egípcia, caldáica, a grega e a romana) utilizam sinais para representar unidades como os poderiam utilizar para representar moedas.

Tal como acontece no sistema monetário português (onde a moeda de dez escudos vale dez moedas de um escudo, mas a moeda de escudo vale só duas das seguintes e a moeda de cinco tostões não vale um número inteiro de moedas de dois tostões) o sistema decimal é preponderante, mas não é único (como se vê, por exemplo, na numeração romana nas unidades V, L e D).

Toda a logística deste primeiro período assenta nas técnicas imediatas para a resolução dos problemas que se põem em torno de quantias, de contribuições, de pagamentos. Usa-se a troca de moedas de menos valia, quando se queira reduzir a representação, e a troca das de mais valia, quando se tenha que descontar ou repartir. A hipótese de que a estas práticas se deve ir buscar os princípios de numeração, bem como esta descrição da logística antiga, encontram a sua confirmação nos ábacos de banqueiro, como a Tábua de Salamina, onde as unidades são as do sistema monetário. Isto como justificação do que chamámos o princípio do escambo; comecemos agora um brevíssimo percurso pela logística, desde a antiguidade, para facilitar a inteligência da logística dos computadores.

UM ALGORITMO EGÍPCIO. A primeira lição da história da logística, como aliás de qualquer história, é a de que tudo muda; a segunda é de que tudo poderia ser de outra maneira. Uma das surpresas reservadas às vítimas de certo ensino é que na *Summa de Arithmetica, geometria, proportioni e proportionalita*, publicada em 1494, Luca Pacioli regista oito algoritmos para a multiplicação.

Esta palavra algoritmo é descrita no antigo Moraes como «certo modo de calcular, e as notações nele empregadas». Nele se lê também que algoritmia é a «parte das matemáticas puras que se ocupa do cálculo»; portanto, um sinónimo de logística. Parece razoável aparentá-la a algorismo, forma antiga de algarismo, e a al-Quarismi; a adição do *t* seria pegada do vocábulo grego. De qualquer maneira assentemos na definição que Moraes dá de algoritmo; na logística estudam-se os algoritmos.

Assim como dispunham de mais algoritmos, os antigos identificavam mais operações: a duplicação e a dimidiação, por exemplo. Os egípcios, multiplicavam por duplicação como se mostra na Figura 1, em escrita actual.

125 × 41	+ 1	125
	2	250
	4	500
	+ 8	1000
	16	2000
	+32	4000
	41	5125

Fig. 1 — Multiplicação por duplicação. Algoritmo egípcio

O problema (em linguagem moderna) está em decompor o multiplicador numa soma de potências de 2. Terá sempre solução? E uma só solução? Vamos ver que sim.

Qualquer que seja o multiplicador, há sempre uma potência de 2 que é a primeira que o excede; a potência anterior dá uma parcela. Subtraindo do multiplicador essa potência de 2, fica-se com um número com o qual se procede da mesma maneira. No caso do exemplo.

$$41 - 32 = 9$$
$$9 - 8 = 1$$

Reconhece-se que o problema é o da representação do multiplicador na base 2, problema que tem uma e uma só solução. O modo que acaba de utilizar-se é o que o autor costuma utilizar para obter a representação binária de pequenos números. O que geralmente se encontra na literatura é o que decorre do princípio do escambo: trocam-se as 41 unidades em 20 de ordem superior, restando 1. As 20 dão 10 de ordem superior, sem restar nenhuma. As 10 dão 5 de ordem superior, sem restar nenhuma, etc. Assim se chega a

$$41 = 101001$$
(base dez) (base dois)

O leitor reconhecerá nisto a explicação do algoritmo da multiplicação, utilizado ainda no princípio do século por camponeses russos, que se dá na Figura 2.

125 x 53	53	125
	~~26~~	~~250~~
	13	500
	~~6~~	~~1000~~
	3	2000
	1	4000
		6625

Fig. 2 — Multiplicação por duplicação e dimidiação. Algoritmo mujik

A soma é feita depois da supressão das duplicações que correspondem a dimidiações pares.

A GELOSIA. Ainda na multiplicação, mas agora entre os oito algoritmos consignados por Luca Pacioli, temos o da gelosia que damos na Figura 3 nos exemplos que aparecem na aritmética de Treviso (1478), e são provàvelmente os primeiros em letra de forma.

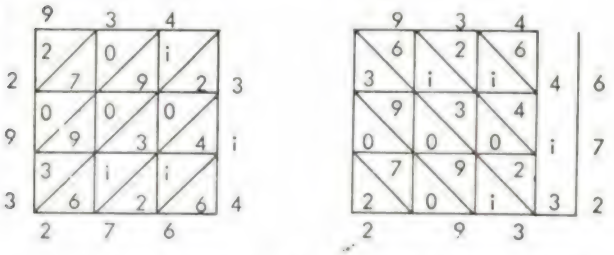


Fig. 3 — Algoritmo da gelosia para a multiplicação

O algoritmo tem de característico o registo dos transportes, que são adicionados juntamente com os números que restam. Numa disposição mais moderna (seguramente utilizada entre as inúmeras variantes), escrever-se-ia

```
   934
   314
  ----
   626
  311
  934
 000
 792
201
------
293276
```

Observar-se-á a inevitabilidade do zero neste algoritmo. Além da sua simplicidade e o seu ar moderno, que se compara favoràvelmente com o algoritmo do castelo, Figura 5, o algoritmo da gelosia prestou-se a uma mecanização descoberta pelo célebre inventor dos logaritmos, João Napier, da qual se fizeram várias realizações, não só no Ocidente como na China e no Japão.

A máquina de multiplicar, que foi denominada ossos de Napier, era constituída por pequenas tábuas inscritas como a que se vê na Figura 4, à esquerda. À direita mostra-se como se realiza o produto 934 $\times$ 3.

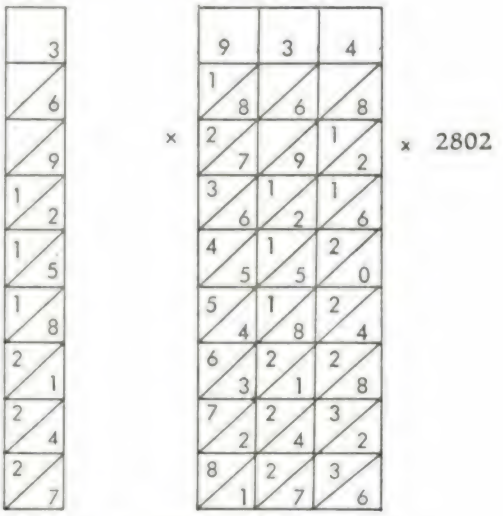


Fig. 4 — Ossos de Napier. 934 $\times$ 3.

O algoritmo do castelo mostra como as coisas se complicavam às vezes; o exemplo da Figura 5 aparece na *Summa*, com erro e tudo. Note-se a utilização da prova por sete que tinha (e muito justamente) as preferências de muitos autores.

	9876	6	Por 7
		6	
	6789	1	Prova
Castelo		61101000	
		5431200	
		476230	
		40734	
Soma		67048164	1

Fig. 5 — Algoritmo do castelo para a multiplicação (Exemplo da *Summa*; tem um algarismo errado)

Exercício 1. Analisar o algoritmo do castelo exemplificado na Figura 5. Indicar as vantagens da prova dos sete sobre as mais correntes.

Essencialmente todos os algoritmos da multiplicação têm duas variantes: aquela em que os produtos parciais se começam pelas unidades da direita e a que se começa pela esquerda. A mais usada entre nós é a do primeiro tipo, embora a outra tenha uma vantagem importante. Em primeiro lugar, a nossa escrita procede da esquerda para a direita; a vantagem em manter quanto possível esta marcha na multiplicação é bem compreendida no produto de polinómios (operação essencialmente a mesma), que se faz correntemente da esquerda para a direita (visto que aqui não há sequer transporte). A maior vantagem aparece, porém, quando se multiplica dados de observação, onde o número de algarismos significativos não cresce com o produto; assim não se tem

$$1{,}23 \times 2{,}34 = 2{,}8782$$

mas

$$1{,}23 \times 2{,}34 = 2{,}88$$

quando se queira a área dum rectângulo de que se mediram os lados. Se a multiplicação se fizesse da esquerda para a direita todos os jóvens acabariam por proceder neste caso como se segue

```
 1,23              1,23
 2,34              2,34
 ----              ----
 2 46   em vez     2 46
   37      de       369
    5                492
 ----              ----
 2,88              2,8782
```

com uma economia considerável ao longo da vida.

DIVISÃO CURTA, LONGA, etc. Quanto à divisão, a diversidade dos algoritmos não pode ver-se na antiguidade porque a informação é escassa. Não parece todavia, que a repartição de uma quantia em quinhões de certa valia, ou igualmente entre vários parceiros (com a contagem subsequente do número de quinhões, ou do bolo de cada parceiro, e dos restos) possa ter levantado complicações. A questão do algoritmo adequado é outra; Pacioli declara «se uma pessoa sabe dividir, o resto é fácil porque tudo está nela envolvido».

Todavia, em fins do Século IV, Teon de Alexandria dá-nos, na numeração grega, um exemplo de divisão; o algoritmo não se distingue do nosso, excepto no que concerne a base em que supõe os números, que é a sexagesimal.

Por outro lado, a prática hodierna ainda se mostra vária, pelo que podemos dispensar o passado. Lembremos de passagem a divisão por um inteiro de um número complexo (em que a razão das sucessivas unidades não é 10). Trata-se de utilizar alternadamente um algoritmo decimal e o que chamámos o princípio do escambo; o caso de Teon é a divisão de um complexo sexagesimal por outro complexo sexagesimal exprimindo os resultados, ao contrário do que se faz hoje, em complexo sexagesimal (não se trata, evidentemente, de obter um ângulo dividindo um ângulo por outro).

A Enciclopédia Britânica distingue enfàticamente uma «short division» e uma «long division», exemplificando como se vê na Figura 6 e aconselhando a divisão longa quando o divisor for maior do que 10.

```
                 4615
            7)  53149
                 7592

621)  83742 (134        621)  83742 (134
      621                     2164
      ----                      3012
      2164                        528
      1863
      ----
       3012
       2484
       ----
        528
```

Fig. 6 — Casos de «short division» e «long division» exemplificados na Enciclopédia Britânica

A divisão longa é exemplificada em duas formas, a completa e a contraída.

Quanto à «short division», ela é ensinada entre nós sem o registo dos sucessivos restos que se vêem na linha de cima e até como prática mental; é também utilizada sistemàticamente, com os divisores à direita, na decomposição dos inteiros em factores primos. A divisão longa, na forma contraída, é o algoritmo que nós utilizamos, com o divisor e o quociente à direita (este por baixo daquele, o que também é uma vantagem). A forma completa tem as suas vantagens e talvez aliviasse o esforço de aprendizado nas idades tenras, se esse alívio fosse desejável; em qualquer caso, é o que se ensina na divisão de

polinómios que é, em notação algébrica, o mesmo problema; uma facilidade análoga é utilizada no algoritmo corrente da raíz quadrada.

A divisão em máquinas de calcular de tipo Facit manual já utiliza outro algoritmo, em que subtracções sucessivas substituem o produto, escolhido por tentativas, seguido de subtracção. Os fabricantes da compacta máquina Curta aconselhavam inicialmente a procurar por tentativas o maior múltiplo do divisor contido no dividendo (presumìvelmente atendendo à incomodidade da limpeza), o que obriga à memorização do dividendo. O autor sugeriu-lhes que inscrevessem o dividendo «em negativo» e procurassem obter o zero; simplificação considerável que lhe valeu a oferta dum exemplar da máquina. Este algoritmo pode, evidentemente, utilizar-se com qualquer máquina manual.

A LOGÍSTICA NOS COMPUTADORES. A breve notícia que acaba de dar-se sobre a diversidade dos algoritmos tem um interesse cultural manifesto, visto que cada um de nós ganha em recordar a riqueza da tradição de que somos, por vezes, ingratos herdeiros. Além disso, faz patente o benefício que pode advir para o ensino das novas gerações, e até para o ensino permanente de todos nós, quando uma tão importante função social vier a ser comandada por quem disponha do mínimo de cultura histórica. A sua inserção aqui foi, porém, motivada pela necessidade de fazer aceitar a variedade de algoritmos que encontramos nos computadores, que de outro modo poderiam parecer bizarros.

Os computadores utilizam geralmente o sistema binário, um sistema de numeração de notórias simplicidades, imposto também por razões tecnológicas. Mal ficaria a quem usa o sistema numerário em que a moeda de vinte e cinco tostões não corresponde ao número inteiro da unidade fundamental, um sistema sexagesimal para se situar no tempo, a conta romana não se sabe para quê, a quem precisou da Revolução de 1789 para aceitar relutantemente o sistema decimal, querer mal ao progresso por lhe impor o mais natural dos sistemas.

Além do sistema binário, a logística dos computadores atende ainda aos seguintes factos: (entre outros, alguns dos quais já apareciam na logística pessoal).

1) A adição faz-se a duas parcelas de cada vez. Quando há mais de duas parcelas, é a soma das duas primeiras que se soma à terceira, etc.

2) As operações são algébricas, o que quer dizer que uma adição pode requerer uma subtracção aritmética, e vice-versa; isto põe o problema da *uniformização* das operações lineares que envolve o da representação dos números negativos.

3) Os registos onde se formam os números têm comprimentos fixos, o que torna possível os excessos de capacidade.

4) A operação com decimais exige decisões cuja automatização não é imediata. No caso das operações lineares a regra da logística de vista — cérebro — mão, pôr vírgula debaixo de vírgula, nem sequer tem uma forma aritmética.

Passemos agora à consideração de alguns pontos da logística dos computadores aritméticos, expondo-os como se tratasse de algoritmos pessoais, para guardar para outro capítulo o estudo de dispositivos. Servir-nos-emos eventualmente, como concretização, do computador NATELL 803 de que existe um exemplo no LNEC.

Para facilitar o cálculo com números em que a vírgula não separa um número fixo de casas, os computadores usam uma logística de *virgula flutuante*. Por oposição a esta, a logística vulgar diz-se de *vírgula fixa*; é por esta que vamos começar.

REPRESENTAÇÃO DOS NÚMEROS NO 803. O 803 é um computador binário de 39 binits por palavra. Em vírgula fixa, reservado o primeiro binit para o sinal (0 para + e 1 para —), restam 38 binits permitindo a representação de

$$2^{38} = 274\ 877\ 906\ 944$$

números diferentes. Em particular, podem representar-se todos os inteiros até este, exclusive, se imaginarmos a vírgula na última casa. A posição da vírgula é matéria de convenção, que tem de assentar-se antes da escolha da representação dos números negativos. No 803 supõe-se que a vírgula está antes do primeiro binit do número; como o sinal + é representado por 0 no primeiro binit,

010 . . . 0

representa o número + 0,1 (que é em binário o mesmo que 1/2 = 0,5 em decimal).

No 803 os números negativos — 0,x . . . x são

representados pelo seu excesso sobre -1, precedido por 1 no primeiro binit que assinala a qualidade. O excesso de um número sobre -1 é, também, a diferença entre 1 e o seu valor absoluto; o número negativo $-x$ é, pois, representado por $1-x$. Assim $-1/2$ será também representado por 0,1 precedido do sinal: a sua representação nos registos do computador é então

$$110\ldots0$$

Para melhor inteligência, supunhamos um computador X em que cada termo tem só 4 binits, tudo o resto igual ao 803. Para ele poderiam escrever-se as seguintes equivalências

$$1xxx = -(1-0{,}xxx)$$
$$0xxx = +(0{,}xxx)$$

e os possíveis números inscritos seriam, em decimal,

$$-1\,;\,(0{,}125)\,;\,0{,}875$$

ou, da nova maneira,

$$1000\,;\,(0001)\,;\,0111$$

com as correspondências da Fig. 7.

1000	-1		
1001	$-0{,}875$	0111	$+0{,}875$
1010	$-0{,}750$	0110	$+0{,}750$
1011	$-0{,}625$	0101	$+0{,}625$
1100	$-0{,}500$	0100	$+0{,}500$
1101	$-0{,}375$	0011	$+0{,}375$
1110	$-0{,}250$	0010	$+0{,}250$
1111	$-0{,}125$	0001	$+0{,}125$
		0000	$+0{,}000$

Fig. 7 — Correspondências no computador de 4 binits, com a representação NATELL 803.

Observe-se que se passa de um número para o seu simétrico por uma regra chamada de complementação que faz desprezar os zeros à direita, deixar a primeira unidade à direita e trocar os binits à sua esquerda.

Registe-se que as representações dos números podem ser concebidos de outras duas maneiras. Em primeiro lugar como

$$1xxx = -1 + 0{,}xxx$$

podemos escrever

$$1xxx = \bar{1}{,}xxx$$

e dizer que os números possíveis (entre -1 e $1-2^{-3}$) representados sempre com a *mantissa* positiva: os negativos com a característica -1 e os positivos com a característica 0 (ou -0, para uniformizar). Trata-se de uma representação que os amadores de símbolos podem resumir em

$$I(x),\ x - I(x).$$

Em segundo lugar, uma maneira de ter num computador só números positivos está em somar aos números que se consideram um número suficientemente grande, desde que se pense em fazer oportunamente as correcções necessárias. Assim quando os números admitidos sejam do intervalo $(-1, +1)$, aberto à direita, bastará somar duas unidades. A escolha do aditivo de duas unidades (que em binário é 10,000) tem a vantagem de deixar os números positivos com a representação que tinham

$$\begin{array}{c|c} 1 & 0{,}000 \\ & 0{,}xxx \\ \hline 1 & 0{,}xxx \end{array}$$

visto que a unidade da 5.ª casa não tem materialização. Por outro lado, para os negativos tem-se

$$\begin{array}{r} 10{,}000 \\ -\ \ 0{,}xxx \\ \hline 1{,}\overline{xxx} \end{array}$$

O número -1 virá substituído por 1, etc:

-1	1,000
$-0{,}875$	1,001
0	10,000
$+0{,}375$	10,011

Assim, suposto um quinto binit que se não materializa, as representações coincidem nos restantes quatro como vimos. As escolhas do intervalo dos números admissíveis e do aditivo asseguram, pois, a distinção entre os números negativos, que começam por 1, e os positivos, que começam por 0.

Passando ao NATELL 803, pode dizer-se que os números representados nas 39 posições de uma memória vão de -1 a $1-2^{-38}$ por passos de 2^{-38}; são ao todo

$$2^{38} = 274\ 877\ 906\ 944$$

números, como já se disse. O passo é em decimal

0,000 000 000 003 637 178 807 092

e, em binário

0.ZZZZZZZZZZZZ01

onde Z representa um grupo de três zeros.

Os números $\pm$ 0,d são, na última concepção, representados pelos 39 binits da direita de $2 \pm$ 0,d; os positivos serão, pois, representados pelos 39 binits de 0,d e os negativos por 1 seguido dos 38 binits da direita do complemento de d. Assim, o número -1 é representado por

1ZZZZZZZZZZZZ00

o número $-1+2^{-38}$, por

1ZZZZZZZZZZZZ01

o número -2^{-38}, por

1UUUUUUUUUUUU11

onde U representa um grupo de três unidades; o número 2^{-38}, por

ZZZZZZZZZZZZ01

O maior número admissível, $1-2^{-38}$, é em decimal

0,999 999 999 996 362 021 192 908

em binário

0.UUUUUUUUUUUUU

e tem esta mesma representação no registo, omitida a vírgula (como acontece com todos os números positivos admissíveis). De resto, acrescentando 35 zeros às representações do calculador imaginado atrás com palavras de 4 binits (Figura 7) ficamos com representações correctas no 803.

O SISTEMA OCTAL. As representações em binário são incómodas pela extensão; daí a utilização do *sistema octal* no seu encurtamento. No sistema de base oito, ou octal, os algarismos vão até 7; a correspondência entre o octal e o binário para os primeiros números é dada na Figura 8 (onde se utilizou a representação em 3 binits por motivos que se vão ver).

0	000	4	100
1	001	5	101
2	010	6	110
3	011	7	111
	8	1000	

Fig. 8 — Correspondência octal-binário

A utilização do octal na representação de sucessões de binits consiste em substituir ternos de binits pelos dígitos que lhes correspondem. Por exemplo

010110 por $26_{(8)}$

que se lê «dois seis», octal, visto que não é a representação em decimal do número vinte e seis mas a representação em octal do número vinte e dois. Muitos computadores, entre os quais o 803, utilizam o octal para uma ou outra coisa. Observar-se-á que já estavamos a usar o octal com a notação Z e U; com ela foge-se às confusões que podem surgir quando o número de binits não for múltiplo de 3.

No caso do 803, incluindo o sinal tem-se um número em octal de treze algarismos para representar qualquer palavra.

ADIÇÃO E SUBTRACÇÃO. Fixada a representação dos números vai agora descrever-se os algoritmos. As duas coisas não são independentes visto que, se a representação tem que satisfazer à condição de cada número admissível ter uma e uma só representação, os algoritmos têm de conduzir a *essa representação* dos resultados.

Vejamos a adição. Tratando-se de números aritméticos em binário, o algoritmo familiar da adição seria perfeitamente satisfatório. Esse algoritmo pode apoiar-se na tabuada

A	0	0	1	1
B	0	1	0	1
S	0	1	1	0
T	0	0	0	1

para obter S e T a partir de A e B e, aplicando-a agora a S e T no lugar de A e B (com T deslocado uma casa para a esquerda), ter finalmente o resultado. Ou, na tabuada

T	0	0	0	0	1	1	1	1
A	0	0	1	1	0	0	1	1
B	0	1	0	1	0	1	0	1
S	0	1	1	0	1	0	0	1
T'	0	0	0	1	0	1	1	1

onde se dá, em função do que *vem* e dos binits dos operandos, o que *fica* e o que *vai* de novo.

Com a primeira tabuada ter-se-ia, por exemplo,

```
    1 1 0 0
    1 1 0 1
    -------
    0 0 0 1
  1 1 0 0
  -----------
  1 1 0 0 1
```

e com a segunda

```
  1 1 0 0
    1 1 0 0
    1 1 0 1
  -----------
  1 1 0 0 1
```

Tratando-se de números algébricos no computador X com a representação anterior (os números $-0{,}500$ e $-0{,}375$) não é óbvio que o algoritmo seja conveniente. Primeiro, o algoritmo conduziria a um excesso de capacidade. Se, todavia, o binit em excesso não for considerado vê-se na Figura 7 que os *números negativos* 1100 e 1101 têm efectivamente por soma 1001.

Quanto aos números positivos teremos que distinguir casos como os seguintes

```
    0 1 0 1          0 1 0 1
    0 0 1 0          0 1 0 0
    -------          -------
    0 1 1 1          0 0 0 0
  0 0 0 0          0 1 0 0
  -----------      -----------
  0 0 1 1 1        0 1 0 0 0
```

onde (se o quinto binit não for considerado) o primeiro dá um resultado correcto e o segundo não. Mas a verdade é que o resultado da segunda soma ($+1{,}125$, em decimal) *não é admissível*, visto que o maior positivo admissível é $1-2^{-3}$. Voltando aos números negativos com este ponto de vista, tem-se, como exemplo dos casos em que o algoritmo daria um resultado errado,

```
  0 0 0 0
    1 0 0 1
    1 0 1 0
  -----------
  0 0 0 1 1
```

que é também um caso de resultado inadmissível. Tem-se pois que o algoritmo vulgar da adição binária convém, para números do mesmo sinal, a computadores com a numeração do 803, desde que a ultrapassagem de capacidade seja ignorada mas um resultado *do outro sinal* seja considerado como um número não admissível.

Consideremos agora a subtracção

0,875		0,111
0,625	ou	0,101
0,250		0,010
(em decimal)		(em binário)

que podemos também considerar como a adição algébrica

$$(+0{,}875)+(-0{,}625)=+0{,}250$$

Há um algoritmo elementar da subtracção aritmética que se apoia numa identidade do tipo.

$$a-b=(a+(u-b))-u$$

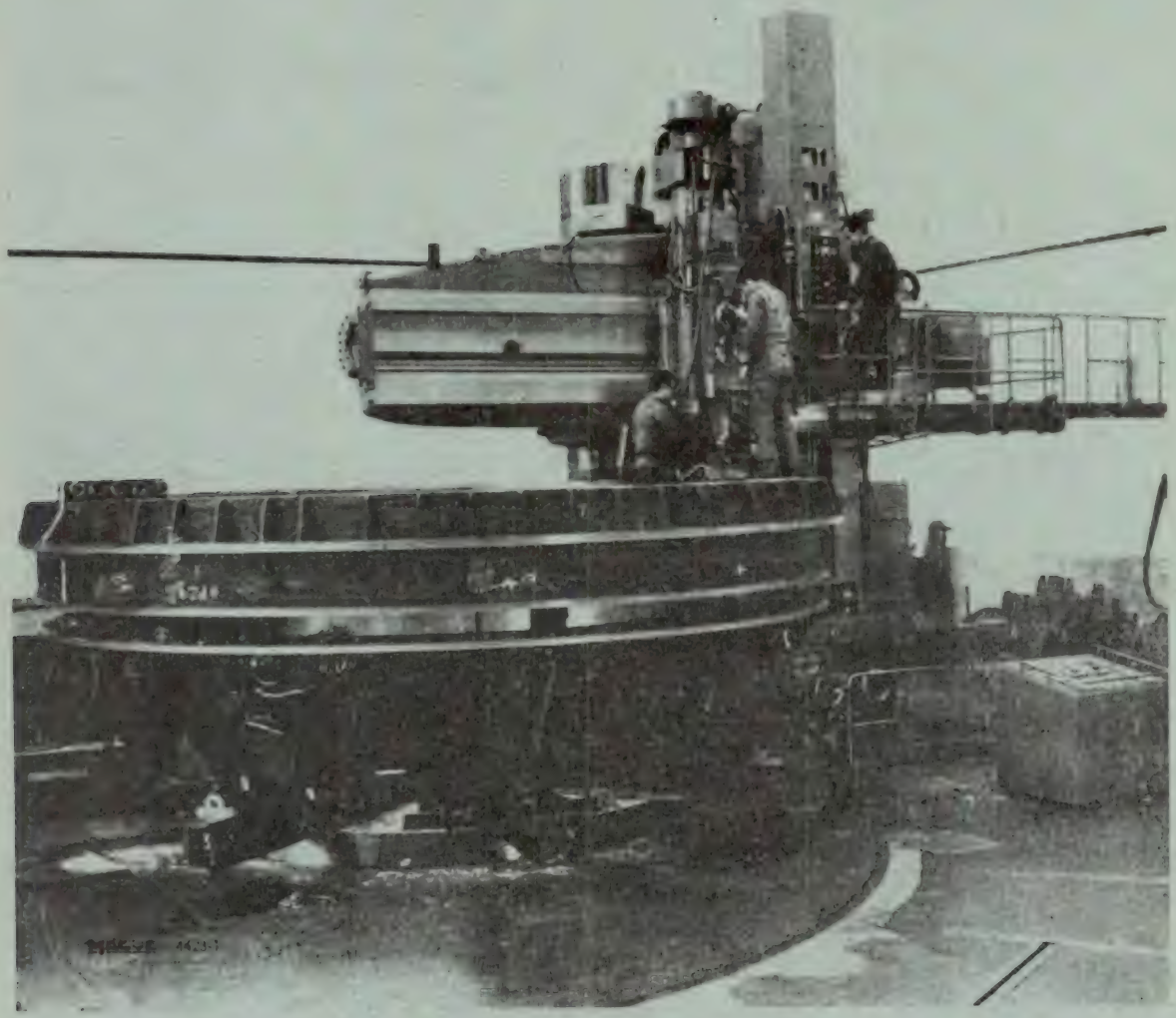
Obtém-se, primeiro, o *complemento* do subtractivo para um número u, superior; subtrai-se àquela soma o número u para que se fez o complemento. Reconhece-se no sistema decimal a vantagem (que transita ao binário) em fazer o complemento para a unidade da ordem da maior no aditivo, Assim se pode fazer

0,875		0,111
$\overline{1}$,375	ou	$\overline{1}$,011
0,250		0,010

Este algoritmo tem a vantagem de aproveitar o algoritmo da adição (o que se entende que seja importante nos computadores onde se devem reduzir ao mínimo os circuitos aritméticos) à custa de uma *complementação* e da *subtracção* de uma unidade de certa ordem (o que seria um inconveniente). Observe-se, todavia, que as interpretações da numeração do 803 nos permitem ver esta última operação no aspecto

```
    0 1 1 1
    1 0 1 1
  -----------
  1 0 0 1 0
```

MAGUE



Mandrilagem conjunta, dos anéis do distribuidor de uma das 3 turbinas «Francis» de 120.000 CV, destinadas à Central de Bemposta construídas por Construções Metalomecânicas MAGUE, S.A.R.L., segundo projecto e licença dos Ateliers de Construction Mécaniques de Vevey, S.A.

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES • GUINDASTES GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS

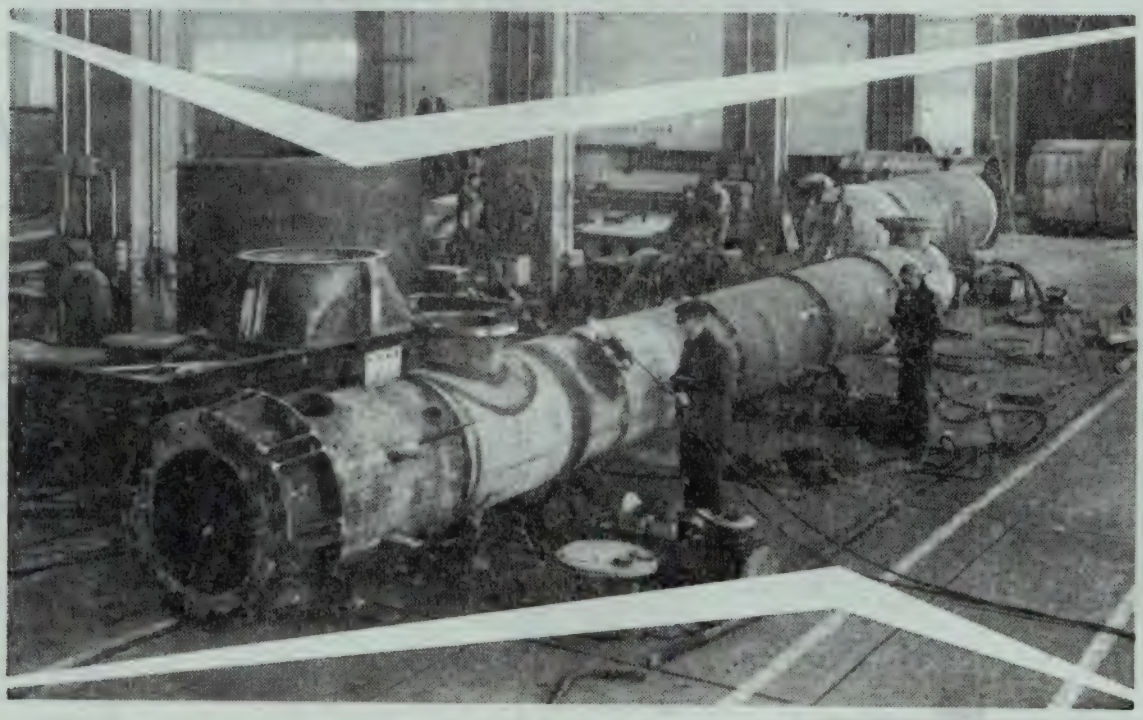
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS, CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO R. GATE'D - PORTUGAL

aços vazados
ferros meehanite
mecânica MÉDIA E PESADA
construções metálicas

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
RESERVATÓRIOS SOB PRESSÃO
PERMUTADORES DE CALOR



Indústria dos Petróleos.

Coluna de 1.000 mm ø × 10 000 mm, em fase final de fabrico.

DIVISÃO METALO-MECÂNICA
COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA 2 ✦ TELEFONES 67 04 21 E 67 20 61 ✦ TELEGRAMAS METALOFABRIL

em que a quinta unidade é perdida. O segundo número é — 0,625 e tudo está certo, efectivamente.

Exercício 2. Reconhecer, em exemplos, que o algoritmo vulgar da adição e o da complementação convêm em todos os casos à realização da adição algébrica de duas parcelas no 803. Ensaiar uma justificação.

A regra da complementação que, indo da esquerda para a direita, troca os binits até ao último 1, que reproduz bem como todos os zeros seguintes, é uma regra um tanto complexa; mais simples seria trocar todos os binits, e é o que se pode fazer se juntarmos à direita a unidade a mais que aparece à esquerda. Seria, neste caso

$$\begin{array}{cccc} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \\ & & & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Na adição binária de duas parcelas a tabuada, que dá, em cada andar da operação, o binit que «fica» e o binit que «vai» em função do binit que «vem» e dos binits que «estão», é a mais simples. Ao seu conhecimento há que acrescentar que a operação se faz por binits de peso crescente e que no primeiro andar o binit que vem é 0. A mesma tabuada, com os binits do subtractivo trocados pelos complementos para nove e a convenção de que no primeiro andar o binit que vem é 1, serve para a subtracção; pode pois considerar-se a tabuada da adição e subtracção binárias.

Estas considerações sugerem um algoritmo para a subtracção decimal que tem sobre os correntes vantagens consideráveis: soma-se em cada passo o algarismo que vem ao algarismo do aditivo, e o resultado ao complemento (para nove) do algarismo do subtractivo — registando, transportando e continuando como de costume, excepto que na primeira coluna se supõe que vem 1 e que na última se suprime o 1.

Assim, a diferença

$$\begin{array}{r} 6012 \\ 3913 \\ \hline 2099 \end{array}$$

faz-se mentalmente

$$\begin{array}{r} (1) \\ 6012 \\ 6086 \\ \hline * \; 2099 \end{array}$$

MULTIPLICAÇÃO. A multiplicação binária de inteiros aritméticos tem uma tabuada extremamente simples.

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0 \\ 0 \times 1 &= 0 \\ 1 \times 0 &= 0 \\ 1 \times 1 &= 1 \end{aligned}$$

O algoritmo usual é muito conveniente e reduz-se em cada andar a uma de duas acções.

i) Se o algarismo do multiplicador é 1: reproduz-se o multiplicando, passa-se à outra linha e dá-se um passo à esquerda;

ii) Se o algarismo do multiplicador é 0: dá-se um passo à esquerda.

Querendo que as somas sejam só de duas parcelas, a reprodução do multiplicando no algoritmo usual substitui-se pela sua adição. Quanto ao deslocamento, ou o multiplicando dá um passo à esquerda, ou a última soma dá um passo à direita; nos computadores é esta alternativa a geralmente escolhida por motivos que se esclarecerão a seguir.

Em binário, o produto de números de 4 binits é um número de 8 binits, podendo o último da esquerda ser 0. A multiplicação de inteiros, e também a divisão, são pois operações que ultrapassam a capacidade normal dos registos embora possa dispensar-se o resultado completo; normalmente só os primeiros 4 algarismos do produto de dois números de 4 algarismos são de reter e as divisões fazem-se entre números aproximadamente do mesmo tamanho. Isto não obsta a que a unidade aritmética seja gisada com vista à operação completa.

No 803, como na generalidade dos computadores, o dispositivo mais importante da unidade aritmética é um registo de tamanho normal chamado o *acumulador*. As operações aritméticas executam-se com dois operandos, um dos quais está no acumulador; soma-se ao acumulador, subtrai-se do acumulador, multiplica-se o acumulador e divide-se o acumulador. O resultado fica no acumulador também. Para tornar possíveis a

multiplicação e a divisão completas, o 803 usa um registo auxiliar que prolonga o acumulador. O registo auxiliar do 803 (AR, de «auxiliary register») tem 38 binits (e não 39); quando o acumulador e o AR têm um número em dupla precisão, o acumulador tem o sinal e a metade mais pesada.

Além do acumulador e do seu prolongamento, as máquinas que usam um algoritmo com base no que descrevemos têm um registo não endereçado para onde o multiplicando transita do acumulador quando a operação se inícia. Chamaremos a este registo NDO. Inicialmente o multiplicando está em A, enquanto AR e NDO contém números que lá ficaram de uma operação anterior. Por exemplo, no computador X, que supomos provido do acumulador (com binit de sinal, de que vamos abstrair, 3 binits numerários) e de um registo auxiliar AR de 3 binits, a situação inicial, é

NDO	A	AR
xxx	111	xxx

Seja o produto de números aritméticos 111 × × 101. A sucessão das operações é a seguinte:

	000
(1 × 111 =)	111
+	111
→	0111
(0 × 111 =)	000
+	0111
→	00111
(1 × 111 =)	111
+	100011
→	0100011

Quando se manda multiplicar o que está no acumulador (111) pelo conteúdo da memória N (que supomos ser 101) sucedem-se automàticamente os seguintes passos:

1.º O multiplicando passa A para NDO, o acumulador limpa e o multiplicador passa de N para AR. Tem-se, o exemplo,

111 000101

2.º O contrôle da máquina explora o último binit de AR; encontrando 1, soma o multiplicando a A; ao mesmo tempo desloca de uma casa o conteúdo solidário de A e AR, permitindo a inscrição do transporte à esquerda e perdendo 01 da direita. Fica

111 011110

3.º O contrôle explora o último binit de AR; encontrando agora 0, desloca o conteúdo de A e AR, como acima, inscrevendo um 0 à esquerda (que é o transporte da soma a A do produto por 0 do multiplicando). Fica

111 001111

4.º Tendo feito o que corresponde à adição do produto por 0, o contrôle explora de novo o último binit de AR; encontrando 1, soma o multiplicando (que está em NDO) a A, deslocando uma casa para a direita para inscrever o transporte. Vem

111 100011

Tratando-se de 0,111 × 0,101 o produto com os 3 binits é 0,100.

DIVISÃO EM BINÁRIO. O algoritmo vulgar da divisão longa é perfeitamente adequado ao sistema binário onde a simplicidade da tabuada da multiplicação o torna também particularmente simples. As tentativas, que em cada passo se fazem para encontrar o maior múltiplo do divisor que cabe no resto (do passo anterior), são reduzidas: se esse resto é maior ou igual ao divisor o múltiplo é este mesmo e o factor é 1: se é menor, o múltiplo é 0 e o factor é também 0. A forma extensa é utilizada no seguinte exemplo, onde se utiliza também o algoritmo aditivo para a subtracção.

```
10010111 | 1101
10010    | 1011
0010111
  10010
  010101
   10010
   01000
```

Este exemplo serve para descrever o que se passa num computador de palavras de 4 binits que utilize este algoritmo para a divisão.

O ponto delicado na automatização do algoritmo está em projectar os passos em que o computador reconhece que o resto é menor que o

divisor ou que não. Uma maneira está em subtrair sempre o divisor ao resto; se o resultado vier positivo, regista-se o algarismo 1 do divisor e passa-se à casa seguinte; se vier negativo, regista-se o algarismo 0, soma-se de novo o divisor ao actual resto, para repor o resto primitivo, e só depois se passa à casa seguinte.

Isto reduz-nos ao algoritmo da divisão por subtracções sucessivas, usado correntemente com a Facit manual (por exemplo). Assim, para ver «quantas vezes 1234 cabe em 7890», coloca-se 7890 na posição do diminuendo e 1234 na posição do diminuidor. Rodando com a manivela no sentido da subtracção, a máquina vai contando as voltas e mostrando os restos; obtém-se deste modo

7890	0	
6656	1	
5422	2	
4188	3	
2954	4	
1720	5	
0486	6	
9252	7	*

Quando da formação deste último resto, há um toque de campainha (representado pela estrela) e a aparição da cor vermelha num visor. Esta cor significa que o número do acumulador é negativo; trata-se de 486 — 1234 = — 748 representado pelo complemento 252 do seu valor absoluto e o algarismo 9, a dar o sinal —. (A representação é perfeitamente análoga à do 803 visto que aqui 9 «precede» 0 como lá 1 «precede» 0). Como o resto deve ser positivo, há que dar uma volta à manivela no sentido da adição, repondo

0486	6

Numa Facit *binária* um número de 4 algarismos caberia noutro número de 4 algarismos uma só vez ou nenhuma. A divisão (em inteiros) de 1001 por 1101 seria realizada como se representa

1001	0	
1101	1	*
1001	0	

Na Figura 9 representa-se por extenso o que se passaria no caso do exemplo, procedendo deste modo; utiliza-se o algoritmo aditivo para a subtracção (do qual se representa a unidade inicial pela plica). Os algarismos do quociente podem ser gradualmente inscritos no lugar dos algarismos do dividendo que usam, excepto o primeiro zero, de que se prescinde (de acordo com a representação dos números). Vê-se como no fim o quociente se encontra no acumulador e o resto na sua extensão.

AAR	10010111	1101
	0010′	
	1100	
	1101	
AAR	10010111	
	10010′	
	00101	
AAR	10101111	
	0010′	
	111110	
	1101	
	101011	
AAR	10101111	
	10010′	
	1001010	
AAR	10110101	
	10010′	
	10101000	
AAR	10111000	

Fig. 9 — Divisão pelo algoritmo vulgar. Sucessivos estados do acumulador externo.

A regra dos sinais é independente dos valores absolutos dos números e a sua automatização pode, portanto, fazer-se independentemente da do algoritmo. Restaria considerar, para o caso dos números algébricos, o problema do sinal do resto, bem como o problema de que não tratamos do arredondamento do quociente para os diversos casos.

Inicialmente, o acumulador extenso (que representaremos por AAR) tem o dividendo, enquanto o divisor está na memória N. Tem-se, pois, no princípio

A	AR	N
1001	0111	1101

OUTRAS OPERAÇÕES: O número das «quatro operações» é de certo modo arbitrário. Por voltas de 1250, Sacrobosco falava de nove, incluindo a numeração, a duplicação, a dimidiação, a progressão e a extracção da raiz quadrada. Também nos computadores o número das operações fundamentais varia. Assim, nem todos incluem a divisão nas operações fundamentais.

Quando se diz que um computador divide, quer dizer-se que na sua lista de instruções está incluída a instrução, única, por força da qual o computador, ao decifrá-la, faz a divisão de dois números que tem lá dentro. Os computadores que não têm uma instrução de divisão, dividem cumprindo um programa adequado. A diferença é a que existe, por exemplo, entre uma Facit manual e uma Facit eléctrica; esta divide, e aquela não; quer dizer que na Facit eléctrica existe um botão que faz dividir dois números prèviamente inscritos, enquanto que na Facit manual, depois de inscritos os números, o operador executa um programa que tem na memória.

Também por outro lado os computadores podem, por exemplo, calcular o logaritmo de um número com uma instrução só. Certos tipos evoluídos de programação juntam-se aos dispositivos electrónicos no estabelecimento das ordens operatórias que o computador aceita; por esta razão terá que deixar-se para mais tarde a questão das «operações» que um computador executa. Uma operação programada, de que nos ocupámos atrás, é a de *contagem*, que se fazia no computador ABC quando havia que repetir o ciclo.

Duas das operações clássicas que os computadores binários executam com muita facilidade são a duplicação e a dimidiação. Duplicar o número em binário, que está no acumulador, é deslocar todos os binits uma casa para a esquerda. Computadores, como o 803, têm operações de deslocação, para a direita ou para a esquerda, de uma, duas ou mais casas; isto quer dizer que, além da duplicação e da dimidiação, *têm* as operações de multiplicação e divisão por quatro, oito, etc. No 803 a divisão do número por quatro faz entrar no acumulador pela esquerda 00 (se o número é positivo), ou 11 (se é negativo); os dois binits da direita do acumulador entram para a extensão cujo conteúdo empurram, perdendo-se os dois binits da extrema direita.

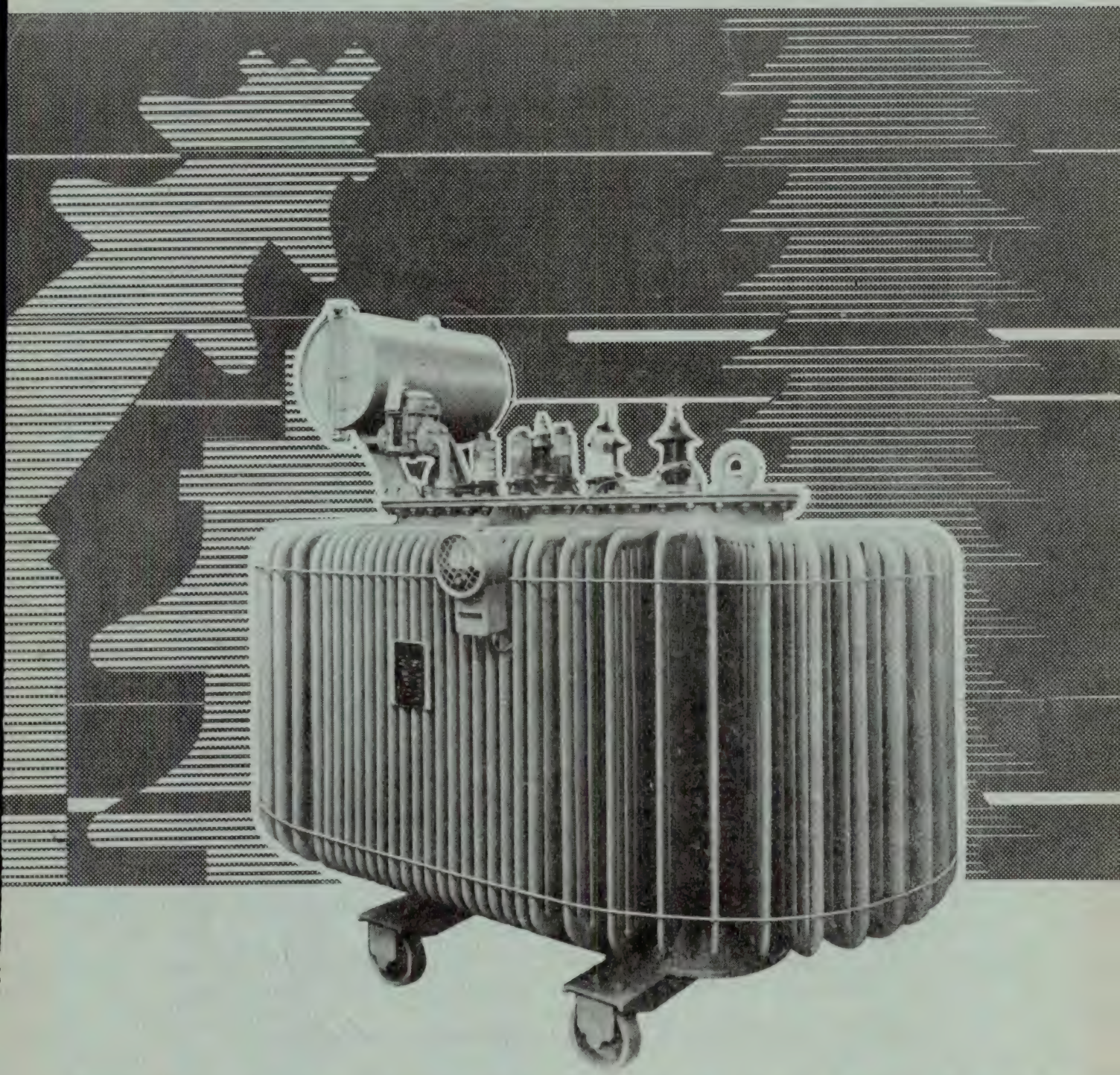
SUMÁRIO

A questão de como são realizadas as operações aritméticas em computador pode ser encarada de três pontos de vista: o logístico, o lógico e o tecnológico. Do ponto de vista logístico, interessam as rotinas dessas operações tais como podem ser adoptadas pelo homem ou no computador; portanto, do ponto de vista puramente aritmético. Este artigo trata das operações aritméticas, como alguns computadores as realizam, desse ponto de vista puramente aritmético. A lógica e a tecnologia serão tratadas ulteriormente.

SUMMARY

This paper is about the *logistic* of some computers, that is, about the way they do their arithmetic as it could be done by a human being. Other points of view are the *logic* one and the *technological* one, to be treated elsewhere.

SIEMENS
PORTUGAL



TRANSFORMADORES MOTRA ATÉ 30 MVA E 60 KV
FABRICADOS SOB LICENÇA SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG

REPRESENTANTES E DISTRIBUIDORES
SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, S. A. R. L.
LISBOA • PORTO

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS

SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

FELTROS, FILTROS E TECIDOS INDUSTRIAIS PARA TODOS OS FINS:

EM PEÇAS, PANOS, MANGAS OU SACOS,
DE QUALQUER FIBRA

PASTA PARA PAPEL
PAPEL
FIBROCIMENTO
CURTUMES
FIAÇÕES DE ALGODÃO
LINHAS
INDÚSTRIAS QUÍMICAS

TECELAGENS
ACABAMENTOS
TINTURARIAS
LAVANDARIAS
ESTAMPARIAS
FILTROS
DESPOEIRAGEM

FLUIDO E MASTIC

IMPERMEABILIZAÇÕES

TORNA TUDO ESTANQUE

Impermeabilização e vedação perfeita de:

Terraços, Empenas, Algerozes, Clarabóias,
Paredes húmidas, Coberturas, Fendas,
Juntas de dilatação, etc., etc.

Fácil aplicação — Elasticidade excepcional
Não endurece nem apodrece

ROOFATEX **À base de borracha + alumínio**

Reforça a acção impermeabilizante do «Rubio», dando às construções um aspecto agradável — Protege todos os materiais contra a humidade, a ferrugem e a corrosão

RUBIO E ROOFATEX dois produtos que se completam

Representante exclusivo: Orlando Fernandes

Rua Palmira, 46-A-B-C — LISBOA-1 — Telefs. 83 01 63 - 84 26 39 — End. teleg. «ORFER»

C. D. U. 624.07 [012.4] 2.2:539.374:518.3

ÁBACOS PARA O CÁLCULO DE ESFORÇOS DE ROTURA DE SECÇÕES RECTANGULARES DE BETÃO ARMADO

POR JOÃO D'ARGA E LIMA
Eng.º Investigador (LNEC)
VÍTOR MANUEL MONTEIRO
Eng.º Estagiário para Especialista (LNEC)

1. INTRODUÇÃO

Apresentam-se neste artigo alguns ábacos para o cálculo de esforços de rotura de secções rectangulares de betão armado sujeitas a esforços de compressão, flexão e flexão composta com compressão, armadas com aço macio e aço A 40 endurecido a frio. Incluem-se também alguns exemplos de aplicação.

Os ábacos foram elaborados com base nas hipóteses seguintes, preconizadas pelo C. E. B. (Comité Européen du Béton) *:

— Durante a deformação as secções mantêm-se planas (hipótese de Bernoulli).
— Despreza-se a resistência à tracção do betão.
— Os diagramas tensões-extensões do betão e do aço são os indicados nas figs. 1, 2 e 3.

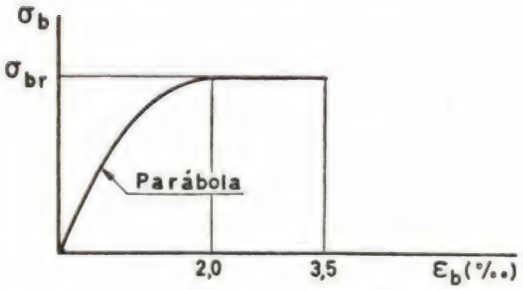


Fig. 1 — Diagrama tensões-extensões do betão

Admitiu-se ainda que, no caso de compressão simples, a tensão de rotura do betão é igual a 75 % da sua tensão característica prismática e que a extensão máxima não ultrapassa 2 ‰.

Esta condição impôs, naturalmente, que para a flexão composta com grandes esforços nor-

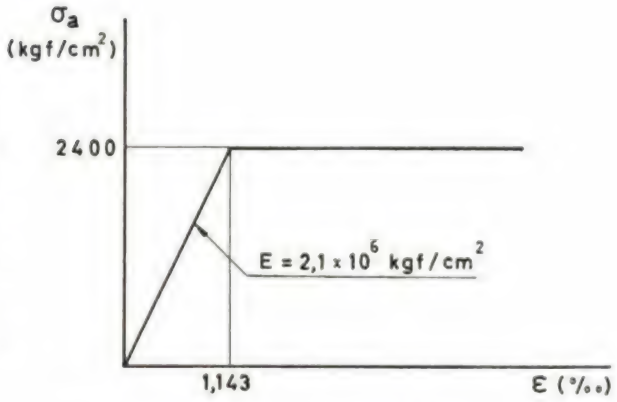
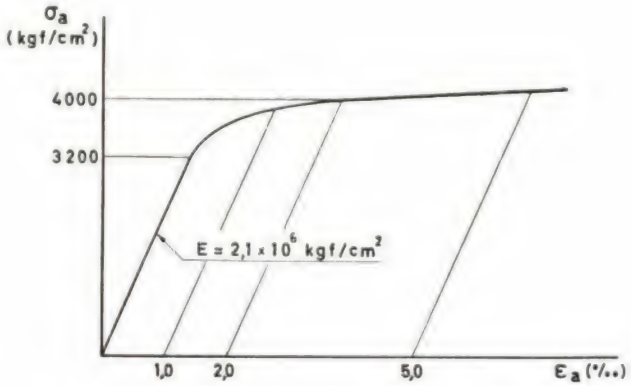


Fig. 2 — Diagrama tensões-extensões do aço macio



Extensões residuais (‰)	Tensões (kgf/cm²)	Extensões residuais (‰)	Tensões (kgf/cm²)
0	3200	2,0	4000
0,1	3400	5,0	4200
0,3	3600	10,0	4400
0,7	3800	18,0	4600
1,0	3900	34,0	4800

Fig. 3 — Diagrama tensões-extensões do aço A 40 endurecido a frio

* Recommandations pratiques à l'usage des constructeurs. Bulletin d'Information, n.º 39, Comité Européen du Béton, Paris, Março 1963.

mais, estes sejam limitados aos esforços normais de rotura em compressão simples das mesmas secções.

Deve assinalar-se também que, de acordo com as Recomendações Práticas do Comité Européen du Béton, os diagramas do betão e dos aços a utilizar no cálculo seriam não os diagramas característicos destes materiais mas os que deles se obtêm por adopção de coeficientes de minoração das tensões características.

No entanto, como o Regulamento de Segurança das Construções contra os Sismos actualmente em vigor, permite o dimensionamento em relação à rotura com base em tensões características, adoptou-se este critério na elaboração dos ábacos, os quais poderão, portanto, ser utilizados para projectar de acordo com o regulamento referido.

2. ÁBACOS

Com base nas hipóteses enunciadas, as equações de equilíbrio, no caso geral de flexão composta de secções duplamente armadas, podem escrever-se:

— equação de equilíbrio de forças

$$n = \delta \alpha - \frac{\bar{\omega}_0}{\sigma_{br}} (\sigma_a - \beta \sigma'_a) \qquad (1)$$

— equação de equilíbrio de momentos em relação ao centro geométrico da secção

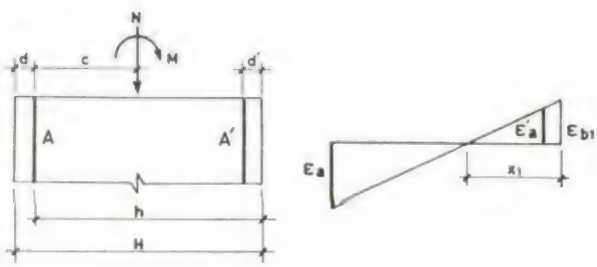
$$m = \delta \alpha (1 - \gamma \alpha) + \beta \frac{\bar{\omega}_0}{\sigma_{br}} (1 - r) \sigma'_a - n \eta \qquad (2)$$

fornecendo a hipótese de Bernoulli as seguintes relações:

$$\varepsilon_a = \frac{1 - \alpha}{\alpha} \varepsilon_{b_1} \qquad (3)$$

$$\varepsilon'_a = \frac{\alpha - r}{\alpha} \varepsilon_{b_1} \qquad (4)$$

em que os símbolos têm o seguinte significado:



b — largura da secção

n — esforço normal reduzido $n = \frac{N}{bh\,\sigma_{br}}$

m — momento flector reduzido $m = \frac{M}{bh^2\,\sigma_{br}}$

$\alpha = \frac{x_1}{h}$; $r = \frac{d'}{h}$; $\eta = \frac{c}{h}$

δ — coeficiente da resultante do diagrama de tensões do betão (para o diagrama considerado $\delta = 0{,}8095$)

γ — coeficiente de centro de gravidade do diagrama de tensões do betão (para o diagrama considerado $\gamma = 0{,}4161$

$\bar{\omega}_0$ — percentagem da armadura de tracção $\bar{\omega}_0 = \frac{A}{bh}$

β — relação entre a armadura de compressão e a armadura de tracção $\beta = \frac{A'}{A}$

σ_{br} — tensão característica prismática do betão

σ_a — tensão no aço à tracção

σ'_a — tensão no aço à compressão

ε_{b_1} — extensão máxima do betão (para o diagrama considerado $\varepsilon_{b_1} = 3{,}5\,^0/_{00}$).

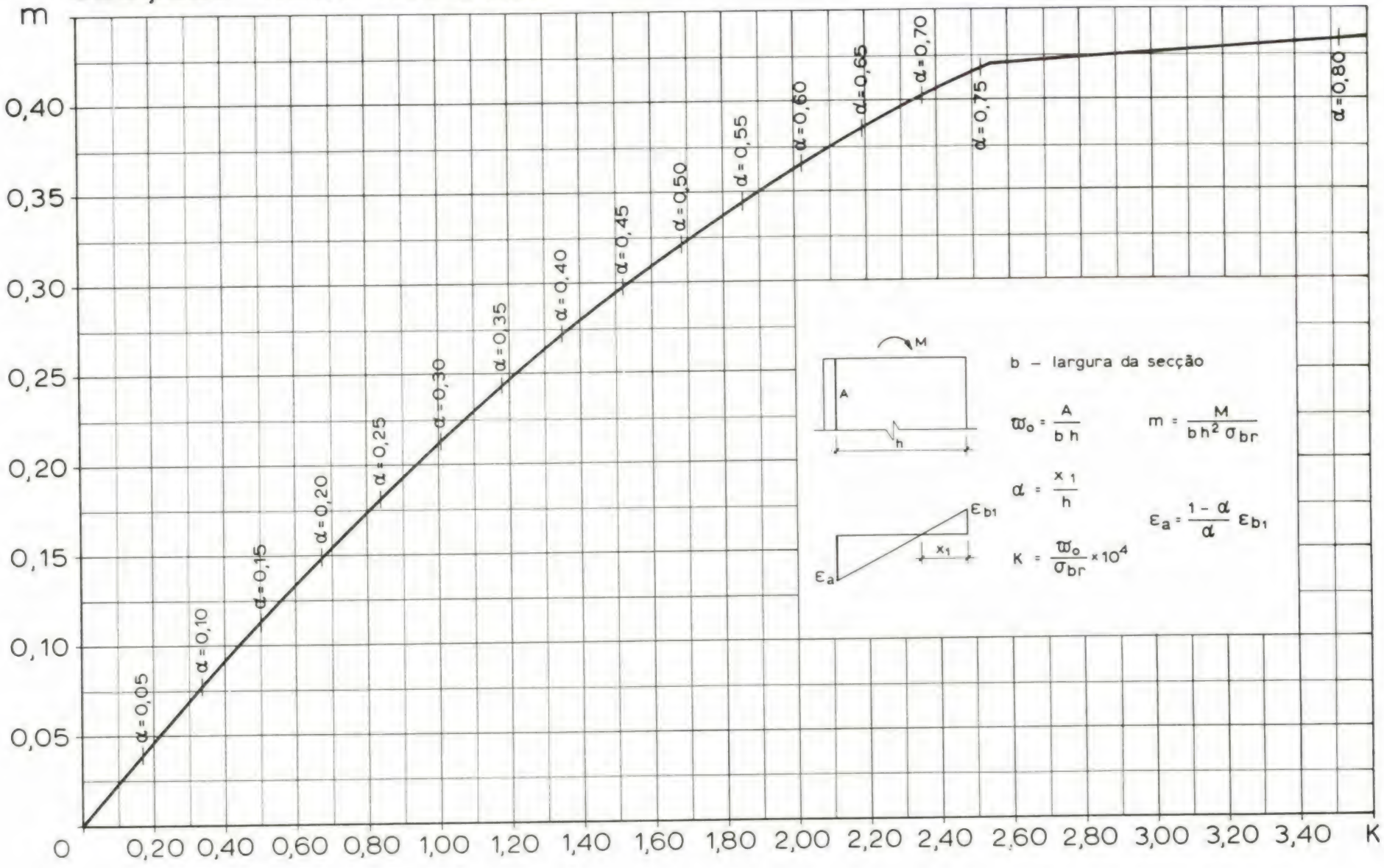
Com base nas equações (1), (2), (3) e (4) e nos diagramas das figs. 2 e 3 foram elaborados os ábacos que seguidamente se apresentam, notando-se que, para a compressão simples de secções armadas simètricamente, o esforço normal de rotura, de acordo com as hipóteses já referidas, é dado por:

$$n = 0{,}75 \frac{H}{h} + 2 \frac{\bar{\omega}_0}{\sigma_{br}} \sigma'_a \qquad (5)$$

Esclarece-se, finalmente, que os quatro ábacos apresentados, dois por cada qualidade de aço considerado, se referem apenas ao caso de flexão simples de secções simplesmente armadas — os dois primeiros — e ao caso de flexão composta de secções com armadura simétrica — os dois últimos. Estes incluem, como é evidente, os casos limites da compressão simples e da flexão simples.

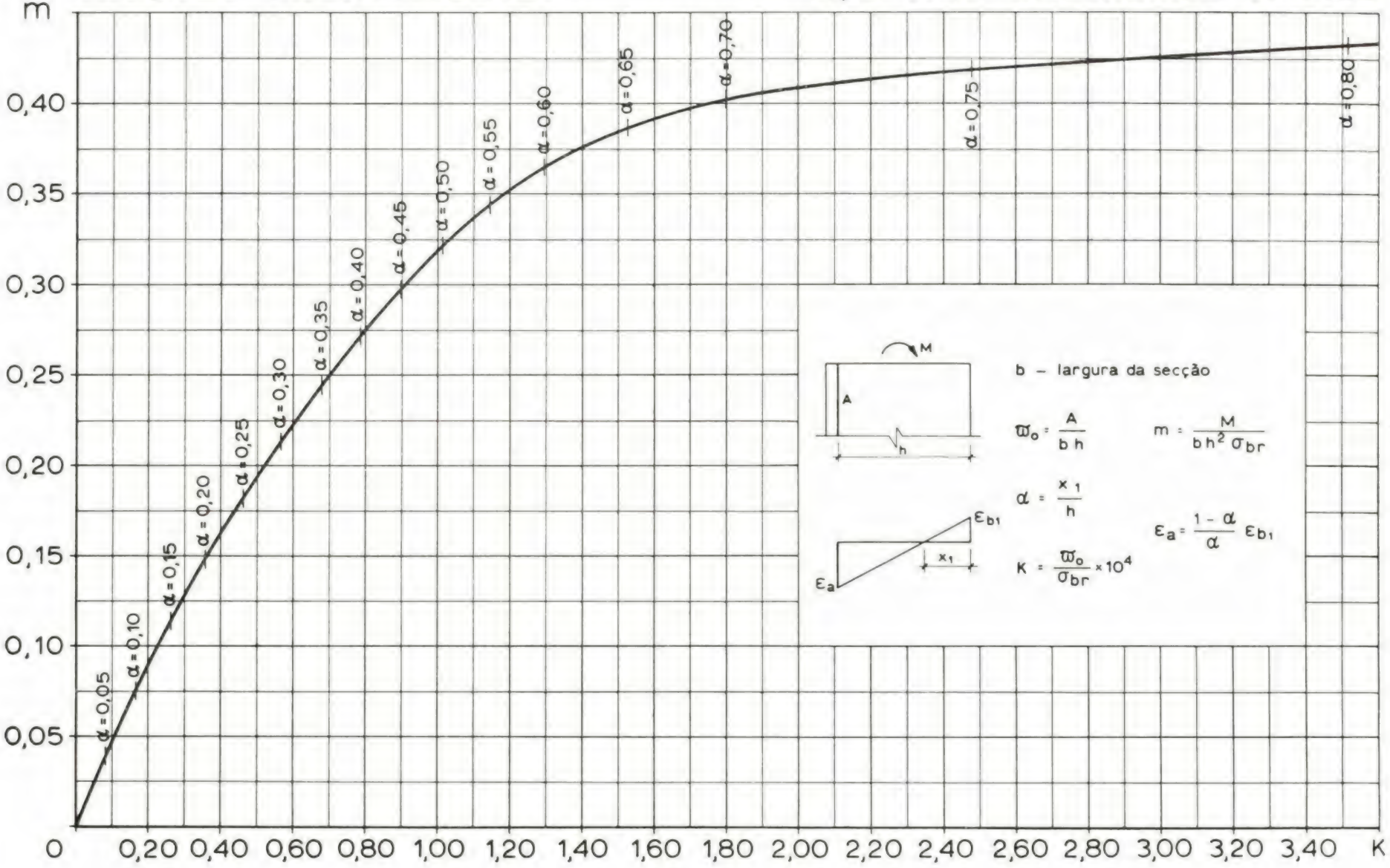
ESFORÇOS DE ROTURA DE ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO
FLEXÃO SIMPLES

SECÇÕES RECTANGULARES — AÇO MACIO



ESFORÇOS DE ROTURA DE ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO
FLEXÃO SIMPLES

SECÇÕES RECTANGULARES — AÇO A 40 ENDURECIDO A FRIO

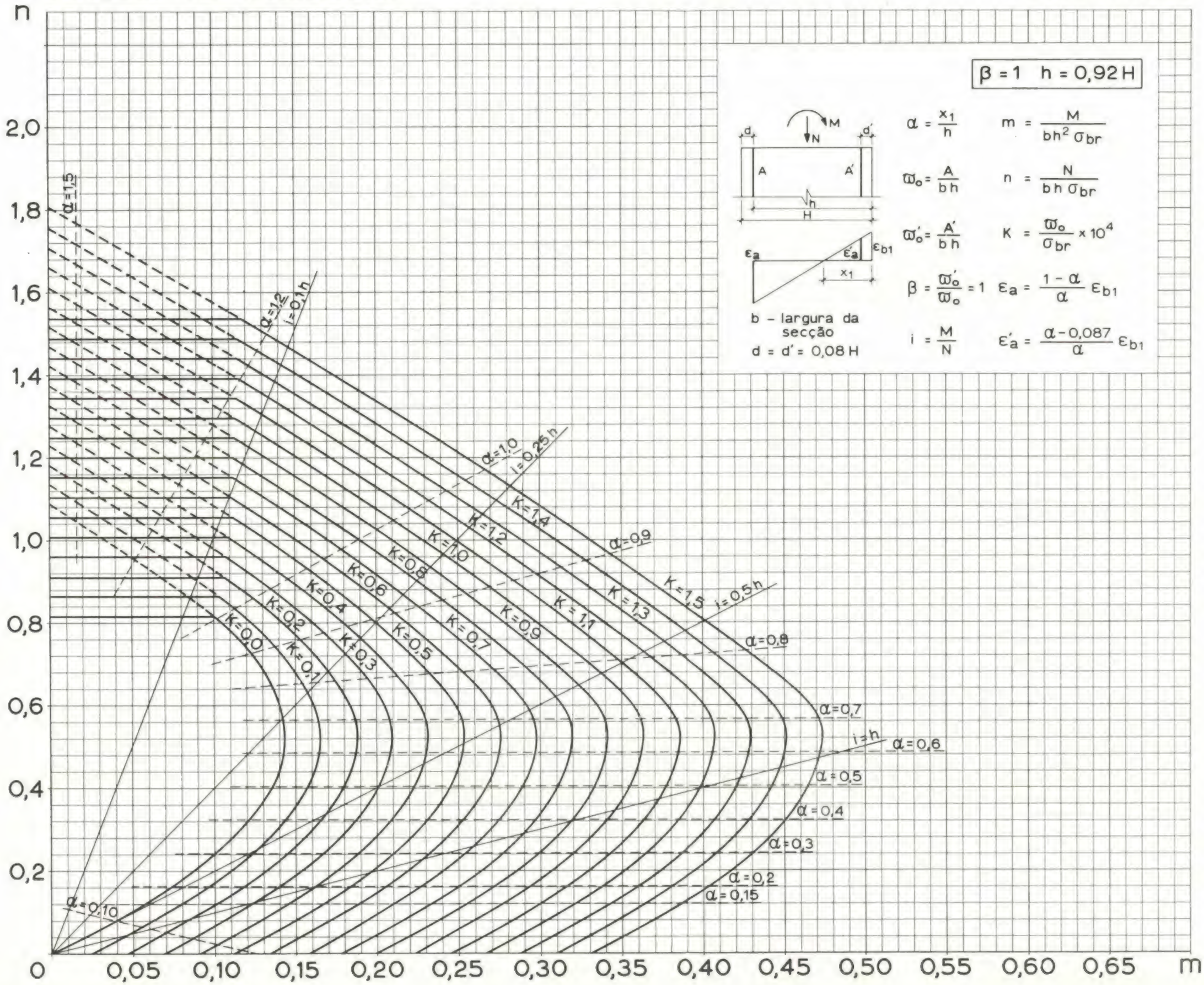


ESFORÇOS DE ROTURA DE ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO

- FLEXÃO COMPOSTA -

SECÇÕES RECTANGULARES

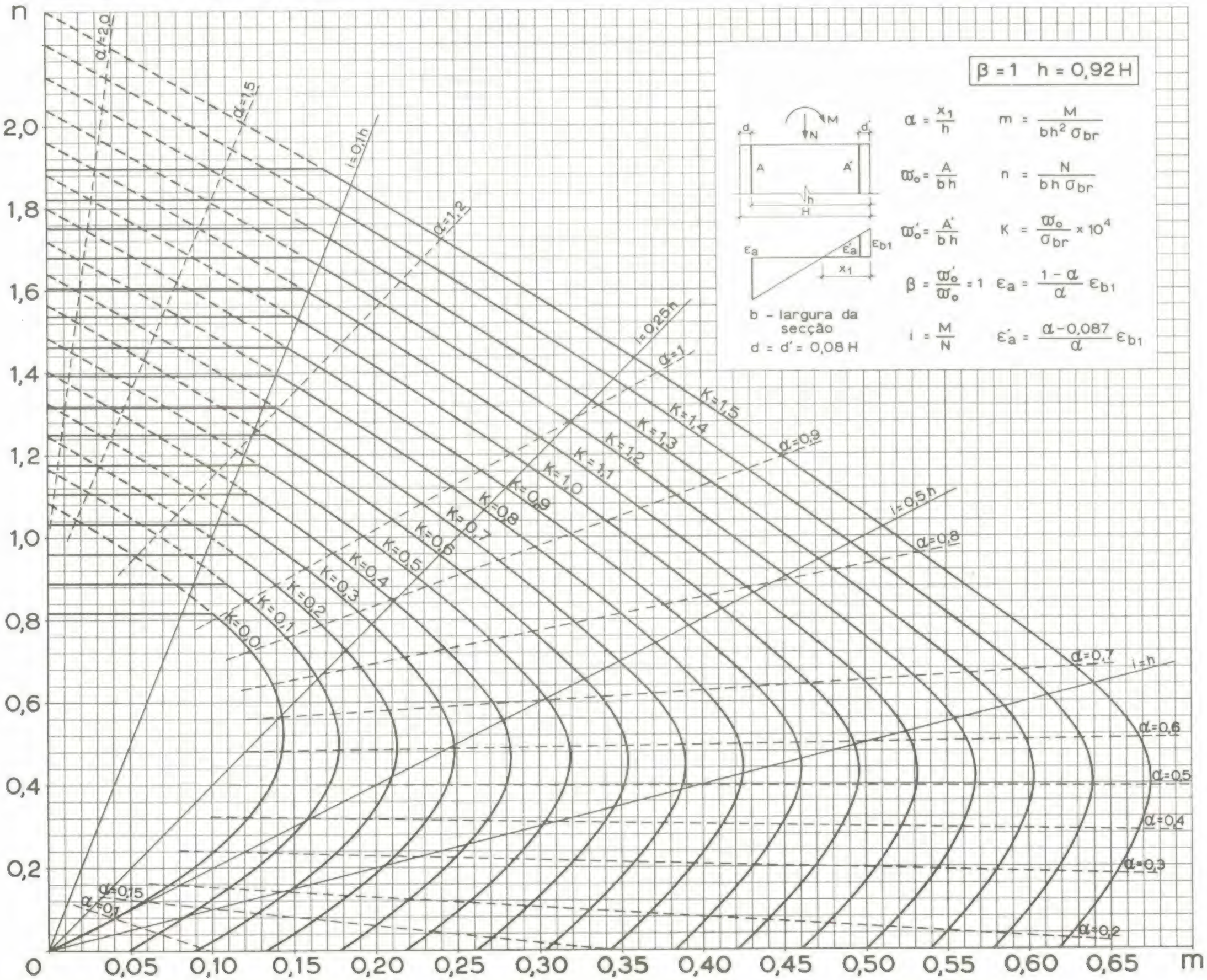
AÇO MACIO



ESFORÇOS DE ROTURA DE ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO

- FLEXÃO COMPOSTA -

SECÇÕES RECTANGULARES — AÇO A40 ENDURECIDO A FRIO



3. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Apresentam-se, seguidamente, alguns exemplos práticos de utilização dos ábacos.

I. *Flexão simples de secções simplesmente armadas.*

I.1 Conhecendo a geometria da secção, as qualidades do aço e do betão e o momento flector aplicado, determinar a área da armadura que corresponde à rotura da secção.

Dados:

$b = 30$ cm $\qquad \sigma_{br} = 200$ kgf/cm²
$h = 57$ cm $\qquad$ Aço macio
$M = 20$ tf.m

Começa-se por calcular o momento flector reduzido

$$m = \frac{M}{bh^2 \sigma_{br}} = \frac{20 \times 10^5}{30 \times 57^2 \times 200} = 0{,}102$$

Entrando com este valor no ábaco de flexão simples (aço macio), obtém-se

$$K = 0{,}45$$

A percentagem de armadura será

$$\bar{\omega}_o = K\sigma_{br} \times 10^{-4} = 0{,}45 \times 200 \times \times 10^{-4} = 0{,}90 \times 10^{-2}$$

e a área de armadura

$$A = \bar{\omega}_o\, bh = 0{,}90 \times 10^{-2} \times 30 \times 57 = 15{,}4 \text{ cm}^2$$

O ábaco permite ainda determinar a extensão no aço no momento da rotura. Assim, ao valor de m calculado corresponde

$$\alpha = 0{,}134$$

e a extensão no aço será

$$\varepsilon_a = \frac{1-\alpha}{\alpha}\, \varepsilon_{b_1} = \frac{1-0{,}134}{0{,}134} \times 3{,}5 = 22{,}6\ ^0/_{00}$$

Conhecido o valor da extensão ε_a, o diagrama do aço permitirá determinar a tensão correspondente.

No caso concreto em questão seria

$$\sigma_a = 2\,400 \text{ kgf/cm}^2$$

I.2 — Conhecendo a geometria da secção, as qualidades do aço e do betão e a área de armadura, calcular o momento de rotura.

Dados:

$b = 30$ cm $\qquad \sigma_{br} = 200$ kgf/cm²
$h = 57$ cm $\qquad$ Aço A 40 endurecido a frio
$A = 12{,}6$ cm²

Calcula-se

$$\bar{\omega}_o = \frac{A}{bh} = \frac{12{,}6}{30 \times 57} = 0{,}736 \times 10^{-2}$$

$$K = \frac{\bar{\omega}_o}{\sigma_{br}} \times 10^4 = \frac{0{,}736}{200} \times 10^2 = 0{,}368$$

A este valor de K corresponde no ábaco respectivo (flexão simples, aço A 40 endurecido a frio)

$$m = 0{,}15$$

O momento de rotura será

$$M = m\, b\, h^2\, \sigma_{br} = 0{,}15 \times 30 \times 57^2 \times \times 200 = 29{,}2 \times 10^5 \text{ kgf.cm} = 29{,}2 \text{ tf.m}$$

O ábaco fornece ainda

$$\alpha = 0{,}20$$

e a extensão no aço será

$$\varepsilon_a = \frac{1-\alpha}{\alpha}\, \varepsilon_{b_1} = \frac{1-0{,}20}{0{,}20} \times 3{,}5 = 14{,}0\ ^0/_{00}$$

A este valor de ε_a corresponde no diagrama do aço a tensão

$$\sigma_a = 4460 \text{ kgf/cm}^2$$

II — *Flexão composta de secções simètricamente armadas*

II.1 — Conhecendo a geometria da secção, as qualidades do aço e do betão e o esforço normal e momento flector aplicados, calcular a área das armaduras que corresponde à rotura da secção.

Dados:

$b = 40$ cm $\qquad \sigma_{br} = 150$ kgf/cm²
$H = 60$ $\qquad$ Aço macio

$h = 0{,}92\,H = 55{,}2$ cm
$N = 165$ tf
$M = 60$ tf . m

Calcula-se :

$$n = \frac{N}{bh\sigma_{br}} = 0{,}498$$

$$m = \frac{M}{bh^2\sigma_{br}} = 0{,}328$$

Entrando com os valores de n e m no ábaco relativo à flexão composta e ao aço macio obtém-se

$$K = 0{,}84$$

Será então

$$\bar{\omega}_o = K\sigma_{br} \times 10^{-4} = 1{,}26 \times 10^{-2}$$

e

$$A = \bar{\omega}_o bh = 27{,}8 \text{ cm}^2$$

$$A' = A = 27{,}8 \text{ cm}^2$$

Como o ábaco fornece ainda

$$\alpha = 0{,}61$$

será

$$\varepsilon_a = \frac{1-\alpha}{\alpha}\,\varepsilon_{b1} = \frac{1-0{,}61}{0{,}61} \times 3{,}5 = 2{,}24\ ^0/_{00}$$

$$\varepsilon'_a = \frac{\alpha - r}{\alpha}\,\varepsilon_{b1} = \frac{0{,}61-0{,}087}{0{,}61} \times 3{,}5 = 2{,}94\ ^0/_{00}$$

e as tensões correspondentes serão

$$\sigma_a = 2400 \text{ kgf/cm}^2$$
$$\sigma'_a = 2400 \text{ kgf/cm}^2$$

II.2 — Conhecendo a geometria da secção, as qualidades do aço e do betão, a área das armaduras e o esforço normal aplicado, calcular o momento flector que conduz à rotura da secção.

Dados :

$b = 40$ cm — $\sigma_{br} = 200$ kgf/cm²
$H = 40$ cm — Aço A 40
$h = 0{,}92\ H = 36{,}8$ cm
$A = A' = 11{,}4$ cm²
$N = 300$ tf

Calcula-se

$$\bar{\omega}_o = \frac{A}{bh} = 0{,}774 \times 10^{-2}$$

$$n = \frac{N}{bh\,\sigma_{br}} = 1{,}02$$

$$K = \frac{\bar{\omega}_o}{\sigma_{br}} \times 10^4 = 0{,}387$$

O ábaco fornece, para os valores de n e K determinados,

$$m = 0{,}15 \qquad e \qquad \alpha = 1{,}06$$

O momento de rotura será

$$M = m\,bh^2\,\sigma_{br} = 16{,}2 \text{ tf.m}$$

As extensões nas armaduras serão

$$\varepsilon_a = \frac{1-\alpha}{\alpha}\,\varepsilon_{b1} = -0{,}198\ ^0/_{00}$$

$$\varepsilon'_a = \frac{\alpha - r}{\alpha}\,\varepsilon_{b1} = 3{,}21\ ^0/_{00}$$

e as tensões correspondentes

$\sigma_a = -\ 416$ kgf/cm² (compressão)
$\sigma'_a = 3950$ kgf/cm²

Deve notar-se que este exemplo corresponde a um caso de compressão excêntrica, como é evidenciado pelo valor de α, superior à unidade; ambas as armaduras estão portanto comprimidas.

Refere-se também que, em vez de se ter fixado o valor do esforço normal, poderia ter sido dada a relação $i = \frac{M}{N}$ entre o momento flector e o esforço normal, a qual, juntamente com o valor de K, permitiria o cálculo dos valores de m e n que correspondem à rotura.

III — *Compressão simples*

III.1 — Conhecendo a geometria da secção, as qualidades do aço e do betão e a área da armadura, determinar o esforço normal de rotura.

Dados :

$b = 30$ cm — $\sigma_{br} = 120$ kgf/cm²
$H = 30$ cm — Aço macio
$h = 0{,}92\ H = 27{,}6$ cm — Aço A40
$A = A' = 3{,}39$ cm²

Neste tejolo não se nota nada

É certo, mas tem qualquer coisa, pois que está impregnado com Silicones Bayer.

E porquê Silicones? As construções estão constantemente expostas às intempéries. Normalmente, os materiais mais ou menos porosos dão uma protecção suficiente, mas, quando chove muito, os poros desses materiais absorvem àvidamente a água, perdendo assim as suas propriedades protectoras e isolantes.

Consequências: Retenção insuficiente do calor, e, portanto, maior consumo do aquecimento, paredes húmidas, danos no papel, no reboco e na pintura, eflorescências, manchas, etc.

Que podemos fazer contra isso?
Proteger a construção por meio dum tratamento hidrófugo com Silicones Bayer. Estes produtos anulam o poder de absorção capilar e tornam os materiais hidrófugos. As pancadas de chuva já não podem penetrar nos poros. Apesar disso, o material continua a poder respirar como dantes. Tampouco o gelo e as geadas, prejudicam as paredes.

Escreva, por favor, à nossa representação se tiver interesse em receber informações detalhadas sobre os Silicones Bayer.

S.A.R.L. QUIMICOR, Representante em Portugal
Lisboa: Rua Sociedade Farmacêutica, 3,
Tel. 42 194
Porto: Rua de Santos Pousada, 441, Tel. 54 141

bayer-silicone

BAYER

2772

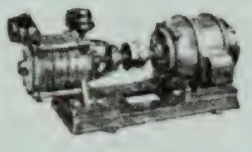
ASEA ELÉCTRICA L.DA

SEDE EM LISBOA
R. DE ARTILHARIA UM, 104,4.º-D.º
Telefone P.P.C. — 68 90 17/8/9

END. TELEG.
ASEAPORT

FILIAL NO PORTO
R. DO CAMPO ALEGRE, 144
Telefone P.P.C. — 6 21 06/7

BOMBAS



Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

confiança para a construção com

materiais novobra

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

pavimentos
coberturas
vigas de grande vão
asnas
perfis

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100, 5.º D.-TEL. 77 48 52/766446-LISBOA-5

Companhia Portuguesa de Trefilaria

S. A. R. L.

ARMADURAS PRÉ-FABRICADAS **MALHASOL**

Tensão de segurança 3.000 Kg/cm²

AÇO BI

Tensão de segurança 4.000 Kg/cm²

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO

que pela eficiência técnica e económica a que conduzem, são um indispensável elemento na moderna construção civil

Para qualquer obra em betão armado consulte:

DIAL — GABINETE TÉCNICO

R. DO INSTITUTO INDUSTRIAL, 18-1.º D.º
TELEFONES 67 12 24/5 E 67 37 85 — LISBOA

Calcula-se

$$\bar{\omega}_0 = \frac{A}{bh} = 0{,}41 \times 10^{-2}$$

$$K = \frac{\bar{\omega}_0}{\sigma_{br}} \times 10^4 = 0{,}342$$

Dos ábacos da flexão composta, para este valor de K e para m = 0, virá

aço macio $n = 0{,}980$
aço A40 $n = 1{,}064$

Os esforços normais de rotura serão

aço macio $N = nbh\,\sigma_{br} = 97{,}3$ tf
aço A40 $N = nbh\,\sigma_{br} = 105{,}5$ tf

Note-se também que, no caso de compressão simples, a determinação do esforço normal de rotura pode ser feita directamente com toda a facilidade a partir da expressão (5).

De facto sendo

$$n = 0{,}75\,\frac{H}{h} + 2\,\frac{\bar{\omega}_0}{\sigma_{br}}\,\sigma'_a$$

Será

$$N = nbh\sigma_{br} = 0{,}75\,bH\sigma_{br} + 2\,A\,\sigma'_a$$

em que σ'_a é a tensão no aço correspondente à extensão de 2 ‰, máximo valor admitido para a compressão simples.

No caso do aço macio $\sigma'_a = 2400$ kgf/cm²

Para o aço A 40 endurecido a frio $\sigma'_a = 3600$ kgf/cm²

Então virá para o exemplo anterior

aço macio:

$$N = 0{,}75\,bH\sigma_{br} + 2A\sigma'_a =$$

$$= 0{,}75 \times 30 \times 30 \times 120 + 2 \times 3{,}39 \times 2400 =$$

$$= 97\,300 \text{ kgf}$$

$$N = 97{,}3 \text{ tf}$$

aço A 40:

$$N = 0{,}75\,bH\sigma_{br} + 2A\sigma'_a =$$

$$= 0{,}75 \times 30 \times 30 \times 120 + 2 \times 3{,}39 \times 3600 =$$

$$= 105\,400 \text{ kgf}$$

$$N = 105{,}4 \text{ tf}$$

Chama-se ainda a atenção para a possibilidade de, à semelhança do que foi feito no exemplo relativo à compressão simples, se poderem utilizar os ábacos da flexão composta para resolver problemas de flexão simples de secções simètricamente armadas. Proceder-se-ia de modo idêntico ao dos exemplos anteriores fazendo n = 0.

RESUMO

Apresentam-se no artigo alguns ábacos para o cálculo de esforços de rotura de secções rectangulares de betão armado, elaborados com base nas hipóteses preconizadas pelo Comité Européen du Béton.

Os ábacos referem-se a esforços de flexão simples e de flexão composta com compressão e a armaduras constituídas por aço macio e aço A 40 endurecido a frio.

No artigo incluem-se as expressões analíticas que serviram para a elaboração dos ábacos e alguns exemplos práticos da sua utilização.

RÉSUMÉ

On présente quelques abaques pour le calcul des efforts de rupture de sections rectangulaires en béton armé, établis à partir des hypothèses recommandées par le Comité Européen du Béton.

Les abaques concernent les états de flexion simple et de flexion composée avec compression et des armatures en acier doux et en acier A 40 écroui.

L'article comprend les expressions analytiques ayant servi à l'établissement des abaques et des exemples pratiques de leur application.

SYNOPSIS

The authors present some graphs, prepared on basis of the assumptions recommended by the C. E. B. (Comité Européen du Béton), for determining the ultimate strength of reinforced-concrete rectangular cross sections.

The graphs apply to simple bending and bending combined with compression, and mild steel and A 40 cold-hardened steel reinforcements.

The article includes the formulas used to prepare the graphs and some instances of their application.

7ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE GALVANIZAÇÃO

PARIS, 15 A 19 DE JUNHO DE 1964

Já 380 delegados se inscreveram para a 7ª Conferência Internacional de Galvanização por Banho Quente a realizar em Paris de 15 a 19 de Junho de 1964, e a assistência parece que vai bater todos os records anteriores.

A Conferência, ponto de encontro de toda a indústria de galvanização, terá 2 partes — os primeiros três dias serão dedicados a sessões técnicas, e os dois outros a uma série de visitas de estudo a empresas da área de Paris e do norte da França. Autores de reputação internacional apresentarão 33 comunicações abrangendo todos os principais aspectos da galvanização, versando com especial pormenor a mecanização, tratamentos prévios, equipamento e manejo. Serão mantidos serviços de tradução simultânea para inglês, francês, alemão e italiano.

Exemplares do programa final — contendo impressos para inscrição — podem ser obtidos grátis através da ZDA *, e os interessados que não tenham ainda feito a sua inscrição, deverão fazê-la sem demora.

* Zinc Development Association, 34, Berkeley Square, London WZ.

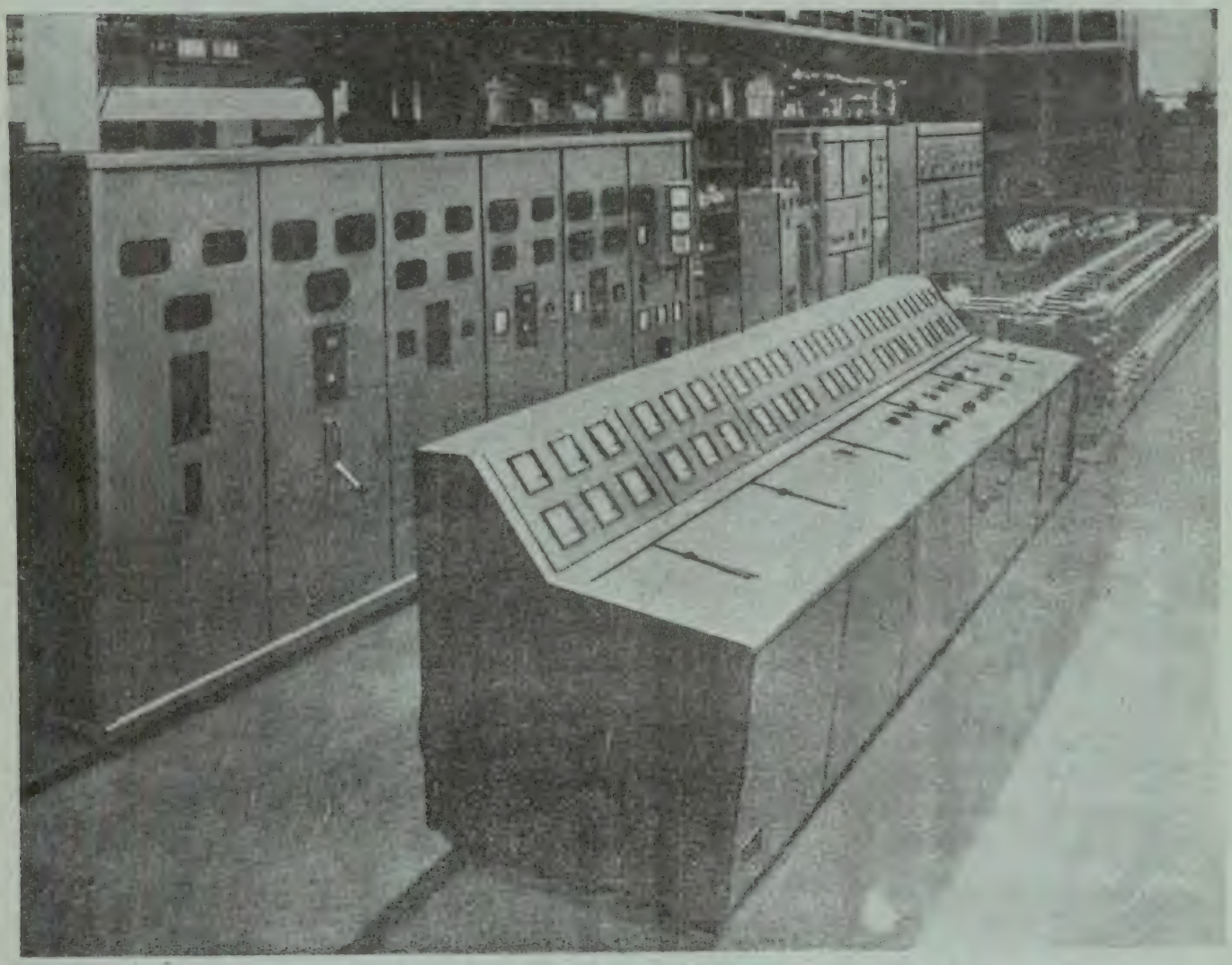
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743

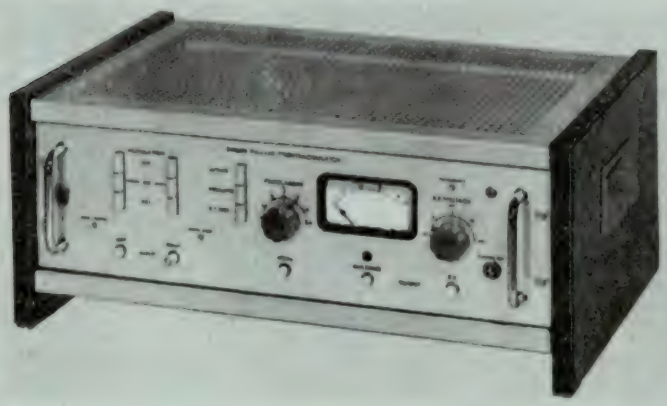


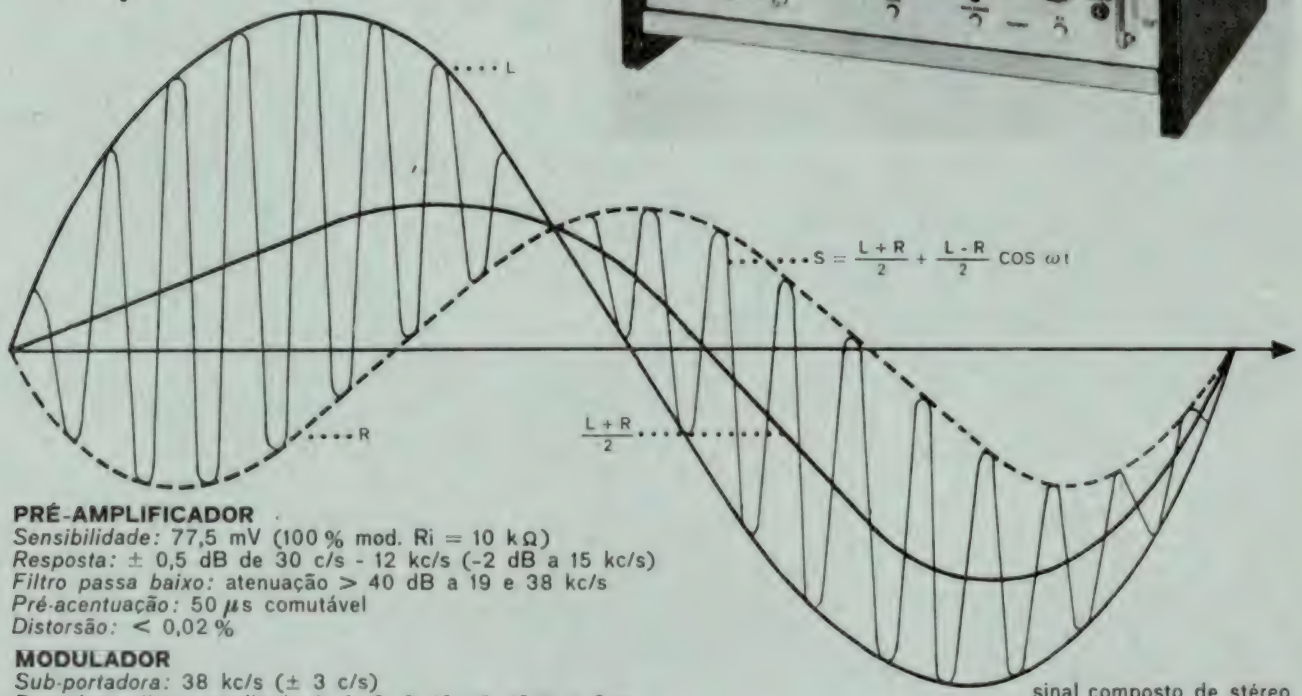
Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

Gerador de sinal FM incorporado
Entradas direita e esquerda directas
Sinal piloto de 19 kc/s separado
Saída de sinal composto e modulada em RF
Osciladores internos de 400 c/s e 1.000 c/s
Medidor de pico de modulação
Malha pre-acentuadora de 50 μs incorporada
Completamente transistorizado
De acordo com sistema FCC.

novo modulador FM de stéreo, tipo PM-6450





sinal composto de stéreo
(sem frequência piloto)

PRÉ-AMPLIFICADOR
Sensibilidade: 77,5 mV (100 % mod. Ri = 10 kΩ)
Resposta: ± 0,5 dB de 30 c/s - 12 kc/s (-2 dB a 15 kc/s)
Filtro passa baixo: atenuação > 40 dB a 19 e 38 kc/s
Pré-acentuação: 50 μs comutável
Distorsão: < 0,02 %

MODULADOR
Sub-portadora: 38 kc/s (± 3 c/s)
Portadora piloto: amplitude 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 % ± 3 %
precisão de fase: ± 1°
Intermodulação: 40 dB de 30 c/s - 15 kc/s
Supressão da portadora: > 40 dB

AMPLIFICADOR DE SAÍDA
Resposta: ± 0,1 dB de 30 c/s a 53 c/s
Tensão de saída: 4,36 V_{pp}.

GERADOR DE RADIOFREQUÊNCIA
Frequência: 100 Mc/s ± 1 Mc/s
Tensão de saída: V_0 max > 200 mV, V_0 min < 20 μV

PHILIPS
instrumentos electrônicos de medição

Vendas e assistência técnica em todo o Mundo

Philips Portuguesa S.A.R.L., Rua Joaquim Antonio d'Aguiar 66, LISBOA

Philips, Dept°. EMA, EINDHOVEN, Holanda

C. D. U. 691.175.742.2 — 462

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DOS TUBOS DE POLIETILENO PARA TRANSPORTE DE FLUIDOS

POR FERNANDO MOURA LEAL
Eng.º Químico-Industrial (U. P.)
Especialista do Laboratório Nacional
de Engenharia Civil
Segundo Assistente no I. S. T.

1 — INTRODUÇÃO

São decorridos mais de seis anos sobre as primeiras utilizações no País de tubos de polietileno destinados ao transporte de água potável e de esgotos domésticos em edifícios.

Efectivamente em 1958 o Laboratório Nacional de Engenharia Civil emitiu o primeiro parecer de apreciação sobre a qualidade e as condições de utilização dos tubos fabricados por uma empresa portuguesa. Desde então tem-se assistido a um surpreendente incremento na produção e na utilização do material, a ponto de presentemente serem oferecidos no mercado interno tubos fabricados no País por algumas dezenas de empresas. Trata-se sem dúvida duma proliferação muito rápida da actividade deste sector da indústria, como se compreende se se atender a que outros materiais afins e tradicionais, como os tubos metálicos, de fibrocimento ou de grés cerâmico são produzidos por empresas cujos números, relativamente a cada um destes materiais, não excedem algumas unidades.

Como é natural, a rápida difusão do novo material pelo Pais não pôde ser acompanhada com o mesmo ritmo pela divulgação do conhecimento das suas características e das condições indicadas para a sua utilização. Das dezenas de fabricantes de tubos de polietileno que actualmente circulam no mercado interno, a maioria destes sem qualquer marca ou indicação de proveniência, apenas sete possuem tubos homologados por aquele Laboratório. Tal facto sugere a existência de problemas de ordem técnica em alguns sectores porventura menos esclarecidos da produção, onde os tubos são fabricados sem serem atendidos certos condicionamentos técnicos, e em sectores da utilização, onde a sua escolha é muitas vezes determinada sòmente por factores de ordem económica e a sua aplicação feita em condições desfavoráveis.

Julga-se por isso ser pertinente e oportuna a contribuição que se pretende apresentar para a divulgação das características mais importantes que devem possuir os tubos de polietileno destinados ao transporte de fluidos, particularmente os de polietileno de peso específico baixo para canalizações de água e de esgoto doméstico que são aqueles que têm tido maior divulgação no País.

2 — DISPOSIÇÕES OFICIAIS

Segundo o art. 17 do Regulamento Geral das Edificações Urbanas, todo o material sobre o qual não existam ainda normas ou especificações oficiais, como é o caso dos tubos de plástico no País, deve ser objecto de prévio parecer de apreciação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

A apreciação que este organismo efectua, relativamente a cada marca de tubos, baseia-se no conhecimento das características gerais do polietileno, na experiência de utilização dos tubos deste material em Portugal e noutros países e nos resultados de ensaios realizados no mesmo organismo sobre amostras dos tubos em causa. Devido a serem relativamente recentes os materiais desta natureza, as homologações não são emitidas a título permanente visto se considerar aconselhável verificar-se periòdicamente o nível de qualidade durante períodos determinados. Deste modo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil procede à verificação da qualidade dos tubos homologados durante o período estabelecido de validade dessa homologação, sobre amostras colhidas pelos seus técnicos, nos próprios locais de fabrico. A prorrogação da vali-

dade da homologação fica assim dependente do resultado dessa verificação.

A utilização dos tubos de polietileno no transporte de água potável é além disso condicionada à autorização da Direcção-Geral dos Serviços de Salubridade, sob parecer da Junta Sanitária de Águas.

3 — SOBRE O POLIETILENO

Entre a bibliografia da especialidade contam-se muitas publicações dedicadas em profundidade à tecnologia, às propriedades e às aplicações do polietileno. Aqui são expostas umas breves notas sobre as propriedades do material que mais merecem ser consideradas na sua utilização como matéria-prima do fabrico dos tubos destinados ao transporte de fluídos.

A designação genérica polietileno aplica-se a todos os produtos da polimerização do etileno, representada na sua forma mais simples pelo esquema:

$$n\ C_2H_4 \rightleftharpoons (C_2H_4)\ n$$

Como resultado obtém-se um conjunto de polímeros de pesos moleculares muito diversos cujo valor médio e distribuição são dependentes das condições sob as quais é conduzida a reacção.

De acordo com o princípio de Le Chatelier, a polimerização é favorecida pela aplicação de altas pressões. Como a reacção é exotérmica, o abaixamento da temperatura favorece também o deslocamento do equilíbrio no sentido da polimerização, além de que limita a decomposição do monómero nos seus elementos constituintes.

São utilizados catalizadores convenientemente escolhidos.

As condições de polimerização são fixadas tendo em atenção a sua influência no deslocamento do equilíbrio e as características dos polímeros que se pretendem obter. Assim, a 200 atm e a temperaturas de 300°C podem obter-se polímeros líquidos, de pesos moleculares da ordem das centenas, enquanto a pressões da ordem de 1000 atm e a cerca de 200°C se obtêm polímeros sólidos inconsistentes, de peso molecular da ordem de 4000; a pressões superiores e a temperaturas compreendidas entre 100 e 300°C obtêm-se polímeros sólidos utilizados como materiais plásticos, de pesos moleculares da ordem das dezenas de milhar.

A designação «polietileno de peso específico baixo» refere-se a um conjunto de polímeros de peso molecular médio da ordem de 32 000 e cuja densidade a 20°C é cerca de 0,92.

Um grande número de propriedades do polietileno depende não só do valor médio como da distribuição dos pesos moleculares dos polímeros que o constituem. Por isso são de particular importância dois valores relativos aos pesos moleculares, um o seu valor médio Mn definido matemáticamente pela expressão

$$Mn = \Sigma X_i M_i = \frac{\Sigma M_i n_i}{\Sigma n_i}$$

onde X_i é o título molar das moléculas de grandeza i, M_i o peso molecular de cada molécula de grandeza i e n_i o número de moléculas dessa grandeza; o outro é uma média ponderada M_p relativamente ao peso, assim calculada:

$$M_p = \Sigma p_i M_i = \frac{\Sigma n_i M_i^2}{\Sigma n_i M_i}$$

onde p_i é o peso de todas as moléculas de grandeza i e M_i e n_i tem o mesmo significado que anteriormente.

Uma e outra grandeza podem ser determinadas experimentalmente, M_n por medidas de osmometria, de crioscopia ou de ebulioscopia de soluções diluídas e M_p por medidas de difusão da luz, também com soluções diluídas.

Note-se que o valor de M_n é consideràvelmente influenciado pelas moléculas pequenas enquanto o valor de M_p é influenciado mais acentuadamente pelas moléculas de maior grandeza. Por isso o conjunto dos valores M_n e o cociente M_p/M_n relativos a uma amostra de polietileno permite conhecer o valor médio e avaliar o modo de distribuição do seu peso molecular. Existem numerosos resultados de determinações destas grandezas relativas a polietilenos utilizados como plásticos flexíveis. Tem-se determinado para estes polietilenos valores de M_n compreendidos entre 20 000 e 50 000, valores de M_p compreendidos entre 40 000 e 2 000 000 e relações M_p/M_n que vão de 2 a 40. São por isso muito grandes os intervalos de variação do peso molecular, donde se pode formar uma ideia da diversidade de características. As curvas da fig. 1 traduzem a relação entre o peso molecular médio do polietileno

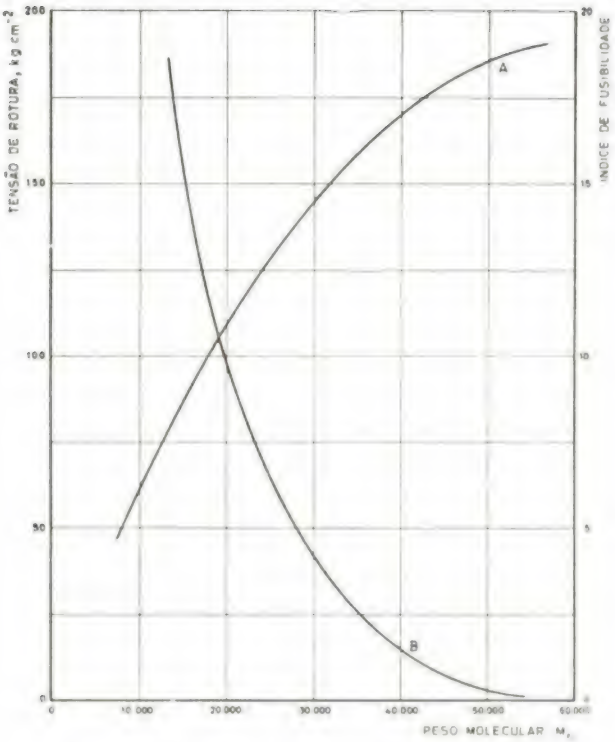


Fig. 1 — Relação entre o peso molecular médio do polietileno, a tensão de rotura por tracção (curva A) e o índice de fusibilidade (curva B)

e duas importantes características, a tensão de rotura por tracção (curva A) e o índice de fusibilidade (curva B), normalmente determinado a 190°C. Esta última grandeza é correntemente utilizada como meio de avaliação do peso molecular médio, com base na relação que a mesma curva B traduz.

Outra característica estrutural que controla as características do polietileno é a chamada cristalinidade, isto é, o teor da matéria cristalina. Efectivamente os espectros de difracção dos raios X do polietileno apresentam além de zonas difusas características de matéria amorfa, anéis nítidos

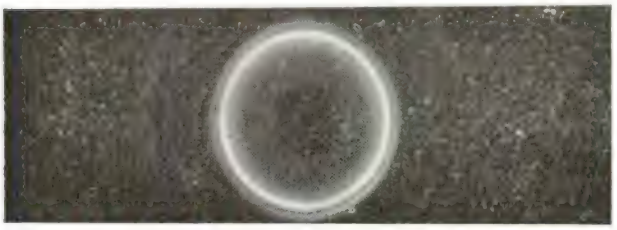


Fig. 2 — Espectro de difracção dos raios X de uma amostra de polietileno de peso específico baixo utilizado no País como matéria-prima no fabrico de tubos para transporte de água e esgoto doméstico

próprios de disposições ordenadas de moléculas como as que se encontram nos cristais (fig. 2). A conjugação deste método com os de microscopia óptica e electrónica levou a concluir que aquelas regiões cristalinas são formadas por moléculas dispostas paralelamente entre si formando pilhas de algumas centenas de unidades Angstrom de largura, ou seja na direcção das cadeias lineares das moléculas, e de milhares de unidades Angstron de extensão. Preenchendo o espaço entre as regiões cristalinas existe uma matriz amorfa, constituída por moléculas dispostas irregularmente. As duas fases estão ìntimamente ligadas por moléculas, cada uma das quais se situa, parte numa fase e parte noutra. A fig. 3 representa esquemàticamente a estrutura amorfa e a

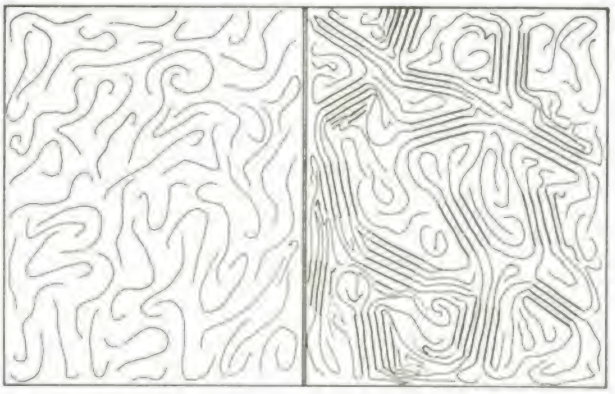


Fig. 3 - Representações esquemáticas de estruturas de polietileno, amorfa (à esquerda) e cristalina (à direita)

estrutura cristalina característica do polietileno. Nesta última as pilhas de moléculas ordenadas ocupam posições radiais relativamente a núcleos dispersos.

O carácter cristalino da matéria do polietileno é controlado pela estrutura química das suas moléculas, como se sabe, constituídas essencialmente por cadeias lineares onde se repete o grupo $-CH_2-$ e donde derivam algumas ramificações. Determinações quantitativas por espectrofotometria infravermelha levaram a concluir que o número de ramificações por molécula de polietileno cresce com o peso molecular enquanto a sua frequência, isto é, o seu número relativamente ao número de átomos de carbono da cadeia linear, diminui com ele. Na fig. 4 representa-se a variação do número de ramificações por molécula e a variação desse número por 100 átomos de carbono da cadeia linear, uma e outra com o

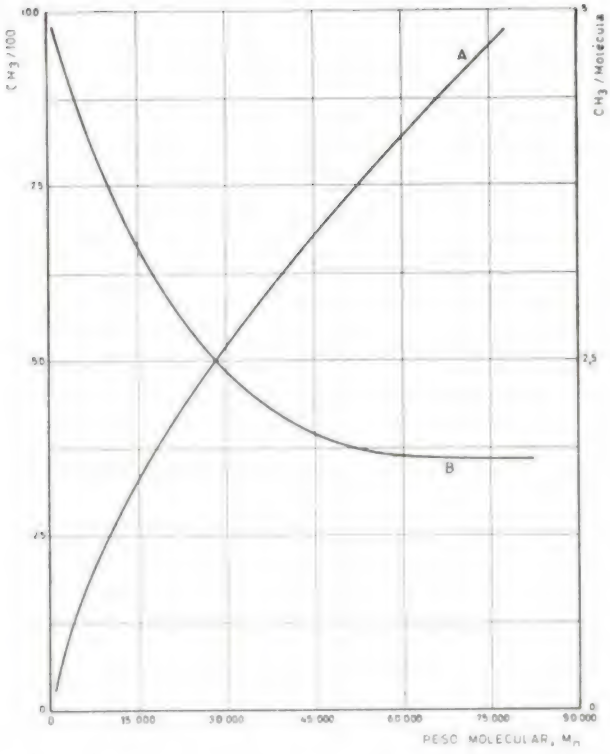


Fig. 4 — Relação entre o peso molecular médio do polietileno e o número de ramificações. A curva A representa esta relação quando se toma o número de grupos — CH_3 por molécula e a curva B, por 100 átomos de carbono

peso molecular médio do polietileno. Por se admitir que estas ramificações terminam, na sua maioria, pelo grupo — CH_3, a determinação do seu número efectua-se pelo estudo das bandas características deste grupo apresentadas nos espectros de absorção infravermelha do material.

Admite-se que as moléculas que constituem a matéria cristalina são aquelas que não possuem ramificações, facto que lhes permite disporem-se paralela e regularmente. Tal não é possível às moléculas ramificadas que por isso constituem a matéria amorfa. De facto o polimetileno, polímero cujas moléculas são formadas por cadeias lineares teòricamente não ramificadas onde se repete o grupo — CH_2 — e que é por este motivo um caso limite pela inexistência de ramificações, é constituído quási exclusivamente por matéria cristalina.

O controle que a cristalinidade exerce sobre certas propriedades do polietileno é motivado por diferenças de características físicas da matéria cristalina e da matéria amorfa, das quais a densidade tem particular interesse.

À temperatura ambiente, a densidade da matéria cristalina é 1,00 enquanto a da matéria amorfa é 0,84 (valor mais provável).

Nestas condições a densidade do polietileno é função das proporções das suas matérias amorfa e cristalina, e é por isso um índice da sua cristalinidade. Como esta controla algumas propriedades do material, a densidade é tomada como um meio da sua caracterização.

No quadro 1 apresentam-se ordens de grandeza da densidade, da cristalinidade e de algumas propriedades mecânicas do polimetileno e dos polietilenos designados de baixo peso específico e de alto peso específico. A correlação entre o teor de matéria cristalina, ou a densidade, e as características mecânicas compreende-se se se atender a que a matéria cristalina actua como uma estrutura rígida, embora frágil, no seio de uma matriz amorfa e flexível. O polietileno pode assim ser considerado um material plástico flexível reforçado por uma estrutura rígida cristalina.

Com as breves notas atrás expostas tentou pôr-se em evidência a relação entre algumas propriedades mecânicas do polietileno e as características estruturais da matéria que o constitui. Dum modo geral pode dizer-se que:

— a tensão de rotura por tracção,
— o alongamento,
— a temperatura de fragilidade

dependem principalmente do peso molecular e que da cristalinidade dependem mais acentuadamente:

— a densidade,
— a dureza,
— o módulo de elasticidade,
— o ponto de fusão

Relativamente às propriedades mecânicas do polietileno, tem ainda particular importância o seu comportamento sob o efeito de solicitações permanentes, como sejam as tensões derivadas da pressão constante a que, em muitos casos, estão sujeitos os tubos condutores de fluidos.

O polietileno, como sucede com as substâncias constituídas por longas moléculas, é um material cuja deformação varia com o tempo de actuação das solicitações. Efectivamente, sob a acção de uma carga permanente verifica-se que o polietileno sofre de início uma deformação considerá-

QUADRO 1

Características médias dum polimetileno e de polietilenos de alto e de baixo peso específico

Características	Polimetileno	Polietileno de peso específico alto	Polietileno de peso específico baixo
Número de ramificações (grupos CH_3) por 100 átomos de C	0	1	3
Cristalinidade	$\geqslant$ 95 %	65-85 %	$\leqslant$ 60 %
Densidade	0,98	0,93-0,97	0,92-0,93
Ponto de fusão	130-135°C	120-130°C	110°C
Peso molecular	25 000	60 000-200 000	24 000-32 000
Tensão de rotura por tracção a 20°C	> 400 kg cm^{-2}	200-400 kg cm^{-2}	80-150 kg cm^{-2}
Alongamento	< 10 %	15-400 %	300-600 %

vel, que se processa durante algumas horas se a tensão produzida é relativamente pequena, por exemplo de 1 kg cm^{-2}, ou alguns dias se a tensão é superior, por exemplo de 50 kg cm^{-2}. Após esta fase, o material continua a sofrer deformações cujo aumento marginal, relativamente ao tempo, diminui, mas sem se anular, mesmo após alguns anos de manutenção da carga. A curva A da fig. 5 ilustra este comportamento. Note-se que se durante a segunda fase a carga for retirada, o material começa por recuperar instantâneamente uma parte considerável da deformação, recuperação que prossegue em seguida, lentamente; e que se a carga for novamente aplicada, toda a deformação atingida até à descarga é retomada num tempo muito curto, e de tal modo que o diagrama representativo do alongamento coincide com o que se obteria num ensaio de carga permanente. A curva B da fig. 5 traduz este comportamento do polietileno.

O conhecimento da lei de variação das deformações do polietileno em função do tempo e do valor das solicitações, à temperatura ambiente, permite utilizar resultados de ensaios onde se fazem intervir solicitações em tempos reduzidos, para se efectuar a extrapolação do comportamento do material ao longo do tempo previsto para a sua utilização. Neste conhecimento ba-

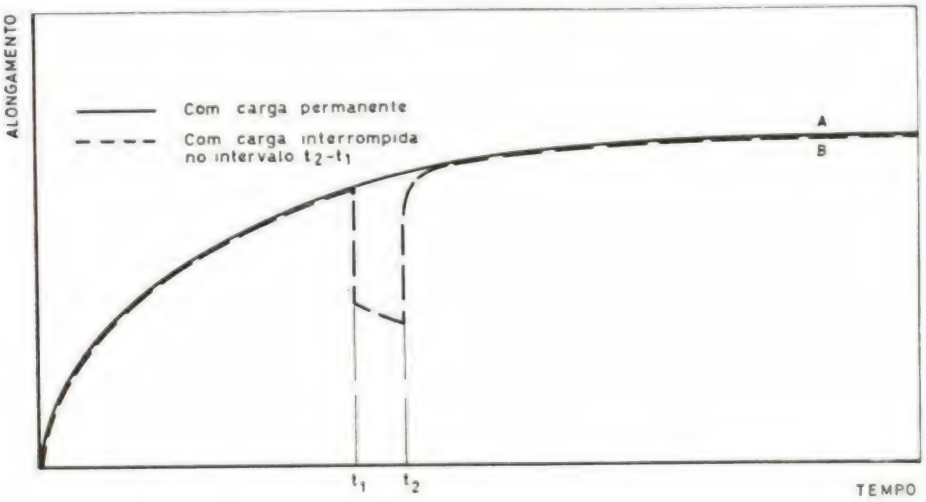


Fig. 5 — Alongamento por tracção do polietileno sob o efeito de uma carga permanente (curva A) e interrompida no intervalo de tempo $t_2 - t_1$ (curva B)

seiam-se os ensaios mecânicos dos tubos de polietileno de peso específico baixo destinados a canalizações de edifícios cuja duração prevista é da ordem de 50 anos. Estes ensaios são referidos adiante. Nas figs. 6 e 7 apresentam-se variações da deformação do polietileno com o tempo a 20°C, na fig. 6, para várias tensões aplicadas e na fig. 7, para várias temperaturas.

Também do maior interesse é a equivalência, que dentro de certos limites se verifica existir, entre o efeito da elevação da temperatura e o efeito do tempo sobre o polietileno sujeito a uma solicitação permanente.

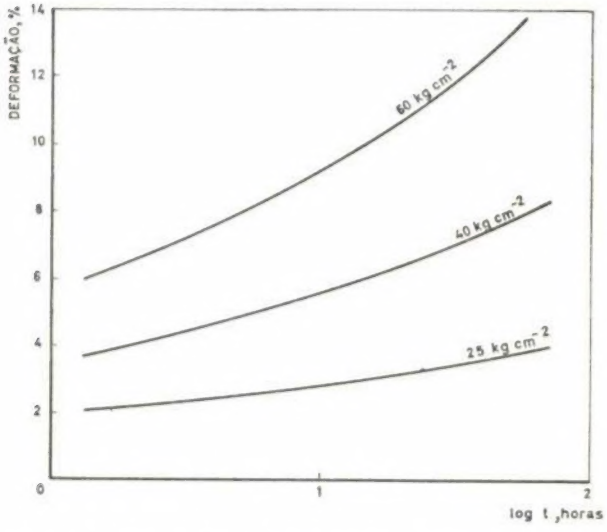


Fig. 6 — Variação da deformação do polietileno com o tempo, em função da tensão aplicada

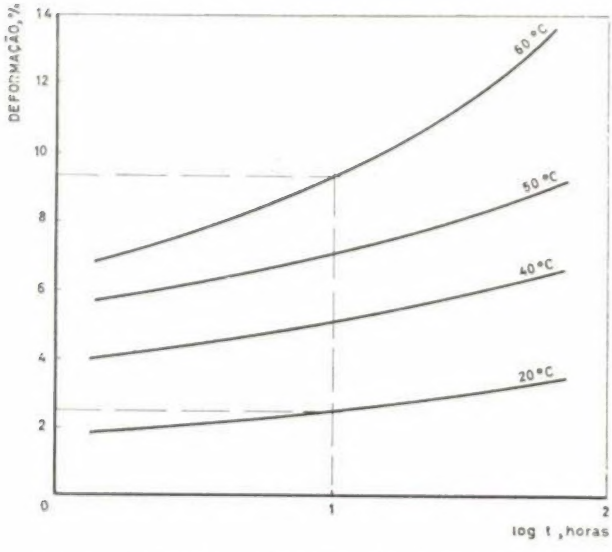


Fig. 7 — Variação da deformação do polietileno com a temperatura, a tensão constante

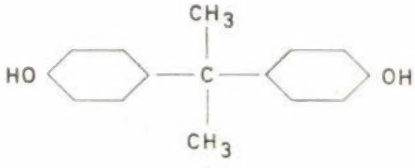
Com base nesta propriedade prevê-se fazer intervir, nos ensaios mecânicos, o parâmetro temperatura em vez do tempo, com vista à previsão do comportamento do material a largo prazo sob a acção de solicitações permanentes.

No que se refere às propriedades químicas do polietileno observa-se que estas não são tão grandemente afectadas, como as físicas, pela estrutura molecular do material.

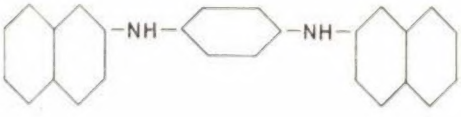
O polietileno apresenta uma elevada resistência química perante os álcalis, ácidos e sais inorgânicos sendo no entanto alterado, a partir de 60°C, por certos solventes orgânicos comuns. A sua resistência química é por isso considerada complementar da dos metais.

O polietileno é fisiològicamente inactivo podendo por isso ser usado no fabrico de artigos destinados a contactarem com produtos alimentares.

É lentamente oxidado pelo oxigénio do ar, sendo esta acção tanto mais favorecida quanto mais elevada for a temperatura. Esta oxidação é catalizada pela radiação ultra-violeta e pela presença de certos pigmentos que normalmente entram na composição das massas moldáveis, como sejam certos óxidos metálicos. A acção catalítica daquelas radiações pode ser reduzida pela presença de negro de fumo que, em partículas de 0,0010 a 0,0020 μ se faz distribuir uniformemente na massa do material. No entanto as superfícies do material assim enegrecido, quando expostas à luz solar, sofrem aquecimento considerável pelo que além de negro de fumo, é adicionado também ao polietileno um anti-oxidante. Os anti-oxidantes utilizados para este fim são quìmicamente aminas ou fenóis, como o diortocresilolpropano:



ou a di β naftil-p-fenilenodiamina:



Os halogéneos livres e os óleos animais, os vegetais e sobretudo os minerais afectam o polie-

tileno. No entanto, como se disse, a maioria dos produtos químicos orgânicos e inorgânicos não o atacam a temperaturas que não excedam 60°C. A maioria dos produtos orgânicos também não afecta o material salvo se este se encontrar simultâneamente sujeito a uma solicitação mecânica. Efectivamente se o polietileno estiver sob tensão quando em contacto com certos produtos orgânicos, líquidos ou gasosos, pode sofrer a rotura em condições que poderia suportar na ausência de tais produtos. Trata-se duma rotura provocada pelas condições ambientes criadas por líquidos de natureza polar, agentes tenso-activos e compostos de silicones.

Por efeito do calor o polietileno decompõe-se no vácuo ou em atmosfera inerte a 300°C. Se o aquecimento se processar no ar, a decomposição ocorre a temperaturas mais baixas num ritmo tanto mais rápido quanto mais elevada for a temperatura. Os produtos desta decomposição são principalmente hidrocarbonetos de baixo peso molecular. A consideração desta propriedade tem o maior interesse no estabelecimento de processos de soldadura dos tubos de polietileno.

4 — ENSAIOS DE QUALIDADE

As homologações de tubos de polietileno de peso específico baixo destinados ao transporte de fluidos baseiam-se, como se disse, nos resultados de ensaios de qualidade que têm por fim a determinação das seguintes características:

— Sobre o polietileno que constitui os tubos: índice de fusibilidade.

— Sobre os tubos: características gerais, dimensões e comportamento sob a acção da pressão interior.

Referem-se em seguida os métodos de ensaio, alguns resultados e as exigências de qualidade.

4.1 — *Observação de características gerais*

Observados visualmente os tubos devem apresentar as suas superfícies interiores e exteriores lisas e qualquer superfície de corte não deve apresentar bolhas, fendas, cavidades ou quaisquer outras irregularidades.

A sua cor deve ser preta, obtida por negro de fumo de uniforme e adequadamente disperso na massa do material.

Os tubos devem ter inscritos de 3 em 3 metros a marca do fabricante, as letras PEB e o número que exprime a pressão nominal em quilogramas por centímetro quadrado. Estas incrições não devem desaparecer por fricção de um pano embebido quer em água, quer em gasolina.

4.2 — *Determinação do índice de fusibilidade*

É ensaiado um provete de material obtido por granulação de 10 g de tubo de modo a ficar reduzido a grãos de cerca de 1 mm.

Uma porção de provete assim preparado é introduzido num recipiente cilíndrico de aço de 160 mm de altura e de 9,5 mm de diâmetro e aí é aquecido a 190 $\pm$ 0,5°C. Atingida esta temperatura o material fundido é expulso do recipiente através de um orifício com 2,095 mm de diâmetro, sob a acção de um êmbolo com a massa de 2160 g.

O índice de fusibilidade é tomado como a massa de material, expressa em gramas, expulsa em 10 min.

Toma-se como resultado do ensaio a média de 5 determinações.

O polietileno é considerado de qualidade aceitável se o seu índice de fusibilidade não exceder 2,5.

Na fig. 8 representa-se um corte do aparelho utilizado nesta determinação.

4.3 — *Determinação das dimensões*

Com um erro inferior a 0,05 mm medem-se diâmetros exteriores e espessuras de provetes constituídos por troços de tubos de 50 $\pm$ 1 cm de comprimento, tomados das amostras.

Em cada extremidade de cada provete medem-se dois diâmetros exteriores ortogonais. Tomam-se como resultados as duas médias aritméticas dos diâmetros medidos, relativas a uma e a outra extremidade.

Também em cada extremidade de cada provete se mede a espessura em quatro pontos equidistantes. O resultado é expresso pelos quatro valores obtidos em cada extremidade.

As características dimensionais que os tubos devem possuir encontram-se indicadas no quadro 2. Neste quadro figura na primeira coluna a gama mais corrente da série de diâmetros nominais recomendados pela norma portuguesa

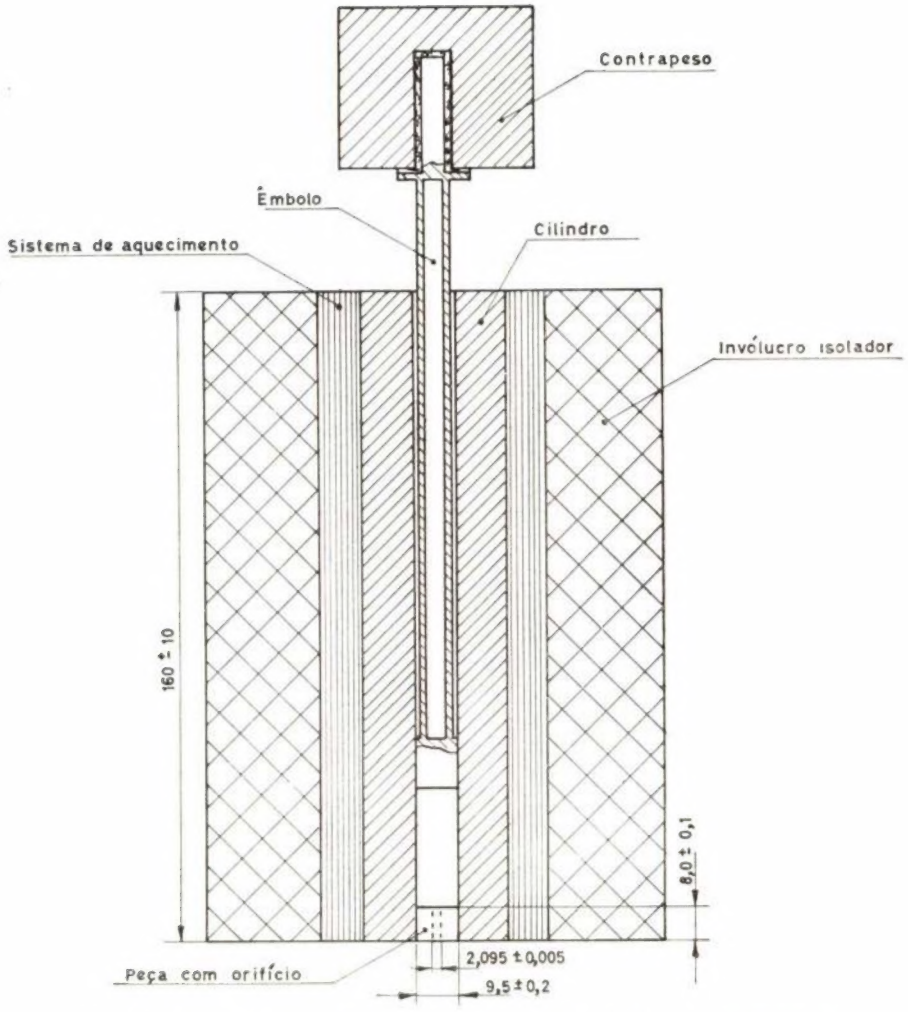


Fig. 8 — Corte do aparelho de determinação do índice de fusibilidade

QUADRO 2

Características dimensionais recomendadas para os tubos de polietileno de peso específico baixo

DIÂMETRO NOMINAL	DIÂMETRO EXTERIOR Limites		ESPESSURAS LIMITES PARA AS PRESSÕES DE									
			1 kg cm^{-2}		2,5 kg cm^{-2}		4 kg cm^{-2}		6 kg cm^{-2}		10 kg cm^{-2}	
mm	Mínimo mm	Máximo mm	Mín. mm	Máx. mm	Mín. mm	Máx. mm	Mín. mm	Máx. mm	Mín. mm	Máx. mm	Mín. mm	Máx. mm
12	12,0	12,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0	2,5
16	16,0	16,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	2,2	2,7	3,2
20	20,0	20,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	2,2	2,7	3,6	4,0
25	25,0	26,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	2,2	2,8	3,2	4,2	4,8
32	32,0	33,2	1,6	1,6	1,6	2,0	2,4	2,8	3,4	4,0	5,4	6,3
40	40,0	41,4	1,6	1,6	2,0	2,4	3,0	3,4	4,5	5,0	7,2	8,0
50	50,0	51,7	1,6	1,6	2,4	2,8	3,8	4,5	5,4	6,3	9,0	9,5
63	63,0	65,1	1,6	1,6	3,0	3,6	4,8	5,4	7,2	8,0	11,1	12,7
75	75,0	77,4	1,6	1,8	3,6	4,5	5,6	6,3	8,0	9,0	12,7	14,2
90	90,0	92,9	1,8	2,2	4,5	5,0	7,2	8,0	10,0	11,1	15,9	18,0

O NOVO D4D
um tractor compacto
e um investimento seguro